COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 DÉCEMBRE 1882.

PRÉSIDENCE DE M. JAMIN.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le Président, en offrant à M. Dumas la médaille qui vient d'être frappée en mémoire du cinquantième anniversaire de son élection à l'Académie, s'exprime comme il suit :

« Messieurs et chers Confrères,

» L'Académie considère comme un devoir de célébrer les noces d'or des Confrères qui l'ont honorée pendant un demi-siècle : devoir qui nous est toujours cher, mais plus cher aujourd'hui que jamais : M. Dumas vient d'accomplir sa cinquantième année académique. Vous avez fait préparer, à son intention, par un artiste habile, une médaille qui rappelle heureusement ses traits et qui doit les perpétuer ; elle porte au revers cette dédicace :

A M. Dumas,

ses confrères, ses élèves, ses amis,

ses admirateurs.

» Je n'ai rien à ajouter, si ce n'est que ce ne sont pas tous ses admirateurs, tous ses amis, tous ses élèves, mais seulement ceux qui siègent ici :

l'Académie n'a voulu partager avec aucun étranger le devoir d'un hommage qu'elle s'est exclusivement réservé. J'ai l'honneur d'offrir, en votre nom, avec respect, à notre illustre et vénéré Confrère, ce témoignage de notre affection et de notre reconnaissance.

» Mon cher Maitre,

» Si vous voulez bien reporter votre pensée sur les commencements de votre carrière, vous devez être content du sort et de vous. A vingt-deux ans vous étiez à Genève; vous débutiez avec Prévost par des découvertes, restées célèbres en Physiologie, sur l'urée, sur le sang, sur la génération. Dès ce moment votre nom était connu et vous aviez pris confiance en vous. Alors vous avez compris deux choses, la première que la Physiologie doit s'appuyer sur la Chimie, que la Chimie n'était pas faite et qu'il fallait la faire; la deuxième, que Genève, n'était pas un assez vaste théâtre pour vos projets. Et vous êtes venu à Paris, n'ayant de richesse que vous-même, que votre courage, qu'un programme résolûment arrêté, que la volonté de le remplir, que la confiance, encore inconsciente de l'avenir qui vous était promis. Aujourd'hui le temps a marché, vos rêves ont été réalisés, vos espérances dépassées et vous avez atteint le plus haut degré de gloire qu'un savant puisse imaginer. Comme Franklin, vous devez dire : si je recommençais la vie, je ne pourrais demander mieux.

» C'est entre ce départ et ce point d'arrivée que se place la plus brillante phase de votre carrière. Vos découvertes se succédaient comme des improvisations. La composition des éthers était inconnue, vous les analysiez; vous énonciez la loi des substitutions et de la conservation des types chimiques, une constante préoccupation vous ramenait souvent à la théorie atomique, cette base fondamentale de la Chimie; vous donniez pour mesurer la densité des vapeurs une méthode si simple et si parfaite qu'elle est facile aux plus inhabiles. On sait quelle lumière elle a versée dans l'étude des composés organiques. Mais il ne m'appartient pas de parler de vos innombrables travaux : l'élève ne peut s'arroger, sans irrévérence, le droit de louer ni de critiquer, il n'a vis-à-vis du maître que le devoir du respect.

» Mais il lui est permis de se souvenir, et qui ne se souvient du charme et des merveilles de votre enseignement : à l'Athénée, à l'École Polytechnique, à la Sorbonne, à l'École de Médecine, au Collège de France, à l'École Centrale? Partout où vous vous êtes montré, et vous vous êtes montré partout, la jeunesse et l'âge mûr étaient attirés, retenus, charmés, entraînés

à tel point qu'il est permis de dire que vous avez rendu encore plus de services par les vocations que vous avez décidées que par les travaux que vous avez exécutés vous-même.

» Il y a cinquante ans, cette Académie vous a ouvert ses portes ; elle vous a confié depuis, et s'en applaudit tous les jours, le redoutable héritage de ses illustres Secrétaires perpétuels. L'Académie française vous a assis dans le fauteuil de Guizot, un professeur comme vous; nous n'en fûmes point jaloux : on vous honorait, nous ne vous perdions pas. Puis vint le moment où des préoccupations d'un autre ordre vous ont été imposées par votre renommée même ; vous vous êtes résigné à des devoirs qui agrandissaient votre rôle, parce que votre autorité y était nécessaire, que la Science se mêle à tout et que la Chimie s'adresse à l'éclairage, à l'assainissement, à l'hygiène, à tous les besoins industriels d'une grande ville.

» Aujourd'hui les circonstances, en vous affranchissant de soins multipliés, vous ont rendu aux sciences et aux lettres. Elles vous possèdent tout entier, et, qu'il s'agisse d'art ou d'industrie, de Physique ou de Chimie, d'Électricité ou d'Astronomie, c'est à vous qu'on s'adresse, c'est votre autorité qu'on réclame. On vous trouve toujours prêt au travail, toujours à la hauteur des plus difficiles missions. Quand on récapitule les travaux que vous avez accomplis, les services de toute nature que vous avez rendus, les découvertes que vous avez faites, les leçons que vous avez données dans toutes les chaires, les œuvres littéraires que vous avez écrites, les idées que vous avez semées, toute cette existence enfin qui n'a jamais connu le repos, on s'étonne que vous n'ayez pris qu'un demi-siècle pour remplir un si vaste programme; et quand on a le bonheur de vous voir et de vous entendre, on s'émerveille qu'un demi-siècle de travaux sans trêve vous ait encore laissé tant de jeunesse à dépenser. C'est que de toutes les passions humaines, celle de l'étude est la plus saine, qu'elle laisse aux organes toute leur force, à l'esprit toute sa sérénité, car elle est la sagesse.

» Jouissez, mon cher Maître, jouissez de ces fruits. Tous les biens qui viennent de Dieu vous ont été donnés sans compter : le bonheur intime, une santé que rien n'a effleurée, la bienveillance du cœur envers tous, une vigueur d'esprit qui n'a cessé de grandir; et toutes les récompenses humaines sont venues s'ajouter par surcroît : une autorité qui s'impose et survit à tous les régimes, un respect qui déconcerte l'envie, et l'affection de vos Confrères qui leur a inspiré le don de cette médaille : ce n'est qu'un petit fragment d'or; mais il vous sera précieux, parce qu'il est amalgamé avec notre reconnaissance. »

M. **Dumas** prend alors la parole en ces termes :

« Monsieur le Président,

» Mes chers Confrères,

» Dès mes premiers pas dans la vie scientifique, l'Académie a été pour moi l'objet d'un culte si profond, que je ne puis recevoir, sans l'émotion la plus vive, l'inestimable présent dont elle honore la fin de ma carrière.

» Il y a soixante ans, elle accordait déjà une attention bienveillante aux travaux de ma jeunesse; il y a un demi-siècle, elle me recevait dans son sein; depuis lors, elle n'a cessé de m'accorder des marques de son estime et de sa confiance; rien ne m'avait préparé, cependant, à penser que parmi mes Confrères beaucoup voudraient bien aujourd'hui se dire mes élèves. Mes élèves! De tous les témoignages auxquels pouvait prétendre un vieux maître, on a trouvé le secret de lui offrir le plus cher à son cœur. J'en demeure confus, reconnaissant, attendri.

» Ah! mes élèves bien aimés, je me reporte souvent vers ces trente années d'un apostolat qui n'a pas été stérile, grâce aux talents de disciples tels que vous; mais j'en croyais le souvenir enfoui dans la tombe des compagnons de lutte que nous avons perdus ou sorti de la mémoire de ceux qui leur survivent. Ces leçons d'un autre temps, d'un temps si heureux, ne sont donc pas encore oubliées, puisque vous avez voulu rappeler, d'une façon durable, sur ce bronze, des impressions ordinairement promptes à s'atténuer ou même à s'effacer.

» Vous avez raison! Il faut honorer le Professorat, car la parole est une puissance; car du haut de sa chaire publique le professeur remplit une mission sacrée. Sa conviction loyale et pénétrante échauffe les cœurs et élève les âmes vers les régions désintéressées de l'idéal. Il réfléchit l'état présent de la Science comme un miroir fidèle, il prépare les découvertes de l'avenir, il fait revivre les grandes traditions d'un passé glorieux. Ouvrant son cœur tout entier et toute sa pensée à ses auditeurs, il leur apprend à aimer la vérité, à respecter le génie, à chérir la patrie et à la bien servir.

» Quiconque s'est vu entouré d'une jeunesse attentive, s'enflammant aux accents du maître, vibrant à ses émotions, s'élançant pleine de foi vers les conquêtes signalées à son ardeur, celui-là, croyez-le bien, a connu les plus nobles jouissances de l'âme humaine.

» Il est pourtant une joie plus grande encore : c'est celle qu'on éprouve à se voir dépassé par ceux auxquels on ouvrait jadis la route. Cette joie,

vous me la faites goûter tous les jours. Puissiez-vous, pour l'honneur de la Science française et pour la grandeur morale de notre chère patrie, vous qui valez mieux que moi, avoir à votre tour des élèves qui vous surpassent par le génie et qui vous égalent par le cœur.

» Monsieur le Président, et vous tous, mes chers Confrères, acceptez de nouveau la profonde expression de mes sentiments reconnaissants; la médaille que je reçois de vos mains sera conservée pieusement par ma famille, comme le plus cher des souvenirs de mon existence, et par mes descendants, comme le plus honorable des titres de noblesse. »

ASTRONOMIE. — *Présentation du tome III de la 3e Partie du « Recueil de Mémoires, Rapports et Documents relatifs à l'observation du Passage de Vénus sur le Soleil, en 1874 »*. Note de M. **Dumas**.

M. **Dumas**, président de la Commission du Passage de Vénus, en présentant cet Ouvrage, s'exprime en ces termes :

« Ce Volume contient le résumé des travaux effectués par la Sous-Commission chargée des mesures des épreuves daguerriennes du Passage de Vénus sur le Soleil, en décembre 1874.

» Il est divisé en six fascicules. Le fascicule A, rédigé par MM. Fizeau et Cornu, renferme la discussion des procédés de mesures et les principales Tables de réduction. Le fascicule B, rédigé par M. Cornu, contient la description des appareils, des méthodes d'observation et des opérations préliminaires destinées à l'unification des mesures. Enfin les fascicules C, D, E, F comprennent le détail des mesures des épreuves effectuées sous la direction de nos Confrères, par MM. Angot, Baille, Mercadier et Gariel, savants bien connus de l'Académie.

» Je suis heureux de saisir cette occasion pour adresser, au nom de la Commission, les remerciements les plus sincères à ces habiles observateurs, pour le soin et la persévérance avec lesquels ils ont accompli une tâche délicate et pénible.

» L'Académie me permettra de rappeler en outre les noms des collaborateurs qui ont travaillé aux calculs de réduction : M. Delacroix, enseigne de vaisseau; M. Favé, sous-ingénieur hydrographe, fils de notre confrère, et plus particulièrement M. Pelissier, chargé des réductions définitives. »

ASTRONOMIE. — *Résumé des mesures effectuées sur les épreuves daguerriennes du passage de Vénus de 1874, obtenues par la Commission française;* par MM. H. Fizeau et A. Cornu.

« La Commission du Passage de Vénus de 1874 nous ayant spécialement chargés de diriger l'exécution des mesures des épreuves daguerriennes rapportées par les expéditions françaises, nous sommes heureux d'annoncer à l'Académie que notre tâche est terminée dans les limites qui nous avaient été tracées.

» Il a en effet été décidé dès le début que nous devions nous borner à la mesure en quelque sorte physique des épreuves, réservant aux astronomes le soin de déduire de ces mesures la valeur de la parallaxe solaire.

» Notre Sous-Commission ne pouvait, vu la longueur des opérations, se proposer d'étudier individuellement chacune des nombreuses épreuves rapportées des quatre stations. Elle a d'abord mis à part celles qui, par leur netteté apparente, semblaient devoir se prêter le mieux aux mesures précises; le nombre des bonnes épreuves étant considérable, il a fallu restreindre encore les conditions déterminantes et choisir un petit nombre d'entre elles convenablement réparties pendant toute la durée du passage; la Sous-Commission s'est laissé guider, dans le choix de ces épreuves, d'abord par la netteté des contours, ensuite par la condition de prendre autant que possible, à des époques simultanées, des couples d'épreuves faites à des stations présentant la plus grande différence soit de longitude, soit de latitude. Malheureusement le nombre d'épreuves remplissant ces conditions multiples n'a pas été aussi considérable qu'on l'eût désiré, à cause des lacunes que les conditions atmosphériques ou autres ont introduites dans les séries mises entre les mains de la Sous-Commission.

» Les travaux des mesures des épreuves daguerriennes ont été arrêtés, conformément à la résolution prise au début, d'accord avec la Commission, lorsqu'une cinquantaine d'épreuves convenablement choisies dans l'intervalle des deux contacts internes ont été mesurées par deux observateurs différents ou contrôlées par une opération équivalente.

» Ce programme a été rempli de la manière suivante :

» 51 épreuves ont été étudiées, sur lesquelles 41 ont été mesurées par deux observateurs (2 d'entre elles par trois) et 10 ont été mesurées par un seul observateur; pour celles-ci, le contrôle qu'on cherchait à obtenir par deux observateurs différents a été atteint par le choix de deux épreuves

voisines dans la série des temps, sur la même plaque ou sur deux plaques consécutives.

» On a, en somme, 94 résultats qui résument chacun six séries, où les quatre bords des astres ont été pointés cinq fois; et comme le pointé de chaque bord peut être considéré, dans l'ensemble des réglages et des mesures, comme ayant entraîné le pointé de denx traits de l'échelle auxiliaire de comparaison, il en résulte que l'ensemble des 94 résultats précédents représente un nombre de pointés indépendants égal à

$$94 \times 6 \times 4 \times 5 \times 3 = 33840.$$

» Il est donc naturel de supposer qu'on a atteint le nombre d'observations nécessaires pour tirer de ces mesures toute la précision que comporte la perfection des épreuves et pour éliminer les erreurs fortuites provenant de l'imperfection inévitable des appareils ou des perturbations accidentelles de l'atmosphère,

» C'est donc avec une grande confiance que la Sous-Commission attend le résultat de la discussion de ces nombres; le principal mérite de ces mesures, outre leur précision et les éléments de contrôle qu'elles présentent, est d'être entièrement à l'abri de toute idée préconçue de la part des observateurs sur le résultat final; il suffit en effet de jeter les yeux sur l'un des Tableaux donnant le détail des mesures, et de considérer la multiplicité des calculs et des corrections qui en dérivent pour comprendre que l'observation n'avait aucune indication sur le sens dans lequel les mesures étaient plus ou moins favorables à un résultat déterminé.

» *Résumé des résultats obtenus.* — Pour faciliter aux astronomes le calcul de la parallaxe du Soleil et résumer le travail dont tous les détails sont donnés dans le Volume publié par l'Académie (*Rapports et Mémoires relatifs à l'observation du passage de Vénus sur le Soleil,* t. III, 3e Partie), il a paru utile de dresser la liste suivante des épreuves rangées dans l'ordre de l'époque de leur obtention, définie par l'heure en temps moyen de Paris ; on y a joint le résultat définitif de la mesure, c'est-à-dire le rapport de la distance des centres à la somme des rayons des deux astres [1]. On a placé dans des colonnes spéciales le résultat obtenu par chacun des quatre observateurs. Il est en effet utile, pour atténuer l'influence des erreurs person-

---

[1] La valeur approchée de la somme des rayons des deux astres, calculée d'après la *Connaissance des Temps,* est égale à 1007″,7. La comparaison des valeurs angulaires du micromètre d'un altazimut de la station de Saint-Paul avec l'épreuve photographique de ce micromètre donne un nombre très approché de celui-ci, d'après les résultats publiés dans le fascicule C (*voir* p. B.85).

nelles, de ne comparer entre elles que les mesures faites par un même observateur. Comme chaque épreuve a été en général mesurée par deux observateurs différents, il en résulte que l'ensemble des observations comprend des éléments nombreux de contrôle relatif.

» Avec cette disposition on peut trouver immédiatement toutes les combinaisons qu'on désire obtenir, en classant les résultats par rapport aux observateurs, aux stations, aux époques d'obtention, etc.

» Les stations sont désignées, pour abréger,

		Longitude adoptée.
		h m s
Nagasaki par	Ng	8.30.16
Pékin par	Pk	7.36.30
Saint-Paul par	S.-P	5. 0.44
Nouméa par	Na.....................	10.56.27

» Les chiffres arabes ou romains dans les colonnes marquées *stations* indiquent les numéros d'ordre des plaques daguerriennes dont le détail est donné pages A.10, 13, 16, 22 du Volume précité.

» Les résultats définitifs, c'est-à-dire le rapport de la distance des centres à la somme des rayons des deux astres, sont donnés par une fraction à six décimales en regard de chaque numéro d'épreuve daguerrienne dans les colonnes *fascicules*.

» Chacun de ces fascicules renferme le détail des mesures faites par un même observateur :

Le fascicule C par M. A. Angot.
» D » M. J.-B. Baille.
» E » M. E. Mercadier.
» F » M. C.-M. Gariel.

» On a conservé les six décimales que le mode de calcul numérique a données, bien que l'approximation qu'on doit attendre des mesures soit très inférieure à $\frac{1}{1000000}$. Mais, la comparaison de l'ensemble des mesures d'une même épreuve par les deux mêmes observateurs montrant que les quatre premières décimales au moins doivent être conservées, on n'a pas cru devoir supprimer les deux dernières.

» Cette comparaison met en évidence une différence systématique dans les résultats des deux observateurs, visible souvent à l'inspection du Tableau ci-après; mais il a été établi au début (p. A. 36) que la détermination de la parallaxe solaire, étant une mesure différentielle, ne peut être que faiblement influencée par cette erreur systématique, laquelle s'élimine en quelque sorte par différence, si l'on a soin de ne faire entrer dans chaque série que les résultats obtenus par un même observateur.

Tableau comprenant les valeurs du rapport de la distance des centres des deux astres à la somme de leurs rayons pour toutes les épreuves mesurées.

TEMPS MOYEN de Paris.	STATIONS.				FASCICULES			
	Ng.	Pk.	SP.	Na.	C.	D.	E.	F.
h m s 14.32,48,9	24	..	......	...	....	....	....	0,915014
33.49,9	24	..	......	...	....	....	....	0,914291
41.47,9	28	..	......	...	....	....	0,893954	....
48.50,9	..	..	XXIV	...	....	0,917098	0,916569	....
50.26,5	..	..	XXVIII	...	....	0,916101	....	0,915123
50.47,3	..	..	XXIX	...	....	....	....	0,913891
50.55,2	..	..	XXIX	...	....	....	0,914383	0,915111
51.42,7	..	..	XXX	...	0,916239	0,916681	....	....
15.17.50,4	45	..	......	...	....	0,842498	0,841646	....
18.49,8	45	..	......	...	....	0,842354	0,841282	....
30.23,5	..	..	XLVII	...	0,859106	....	0,860311	....
31.33,3	..	..	XLVIII	...	0,859986	....	0,859626	....
33.52,2	..	..	......	133	0,841105	....	0,838113	....
35.59,9	..	..	XLIX	...	....	....	....	0,857950
36.10,9	..	..	XLIX	...	....	....	....	0,855930
50. 8,5	..	..	1	...	....	0,846257	....	0,846107
50.17,5	..	..	1	...	....	0,846786	....	0,846156
16. 1.49,6	56	..	......	...	0,805461	0,806113	....	....
3.26,6	..	..	5	...	0,837756	0,838317	....	0,837795
4.25,0	..	..	5	...	....	0,836996	....	0,836481
20.18,6	..	..	10	...	....	....	....	0,835000
21. 5,4	..	..	10	...	....	....	....	0,835343
49.49,4	60	..	......	...	....	....	0,816489	0,818162
17.25. 3,6	..	..	38	...	....	0,879120	0,879335	....
25. 8,9	..	..	......	31	....	....	0,879547	0,878398
31. 0,5	..	..	40	...	....	....	0,886754	0,886506
31.20,7	..	..	40	...	....	....	0,886373	0,886774
32.13,8	..	..	41	...	....	0,888043	0,888014	....
38.42,3	..	..	44	...	....	0,896291	0,894560	....
41. 6,3	..	..	......	39	0,902958	0,903512	....	....
42. 6,1	..	..	......	39	0,904116	0,905590	....	....
42.25,0	..	27	......	...	0,875788	0,877375	....	....
43.46,6	..	..	45	...	0,906582	....	0,906295	....
43.59,1	..	28	......	...	....	0,882668*	....	....
45.12,3	.	29	......	...	....	0,882178	0,880718	....
46.46,4	..	..	......	...	0,885193	0,887339	....	....
47. 9,6	..	30	......	...	0,884691	0,886247	....	....
47.25,7	..	30	......	...	0,884636	0,887173	....	....
52.39,1	62	31	......	...	0,893327	....	0,894074	....
54. 9,8	..	32	......	...	....	0,898223	0,896872	0,898529
55.57,5	..	33	......	...	....	0,899532	0,899156	....
58.22,1	..	..	48	...	....	0,930549	0,930045	....
18. 1.29,0	..	36	......	...	....	....	0,912734	0,914689
4.38,6	..	38	......	...	....	....	....	0,917633
4.51,6	..	38	......	...	....	0,918637	....	0,917941
7.44,6	..	40	......	...	....	0,924304	0,920627	....
8. 6,6	..	40	......	...	....	0,926755	0,925332	....
9.48,0	..	41	......	...	....	0,933162	0,929727	....
9.58,0	..	41	......	...	....	0,927610	0,925712	....
10. 9,6	..	41	......	...	....	0,930202	0,928066	....
10.21,7	..	41	......	...	....	0,932387	0,930649	....

* Observations faites par comparaison avec un réticule en fils de platine : c'est la seule valeur qui ait été obtenue ainsi.

» En terminant, il n'est pas inutile de dire que, tous les registres d'observations et de calculs ayant été conservés, on pourra facilement rectifier les erreurs matérielles qu'on reconnaîtra dans des calculs ultérieurs : il est en effet difficile de se flatter qu'aucune erreur importante ne se soit glissée dans un travail qui a nécessité un temps si long et un si grand nombre d'intermédiaires. Aussi serait-il imprudent de rejeter sans discussion un résultat par la seule raison qu'il offre une divergence un peu considérable : la revision des registres pourrait en faire découvrir l'origine accidentelle (¹). »

OPTIQUE. — *Mémoire sur la vision des couleurs matérielles en mouvement de rotation, et sur les vitesses respectives, évaluées en chiffres, de cercles dont une moitié diamétrale est colorée et l'autre moitié est blanche; vitesses correspondant à trois périodes de leur mouvement à partir de l'extrême vitesse jusqu'au repos;* par M. E. Chevreul. (Extrait.)

« Ce Mémoire, supplément des recherches de l'auteur sur la vision du contraste des couleurs, a été le sujet de six Communications verbales à l'Académie dans les séances des 13, 20 et 27 de décembre 1880 et des 10, 17 et 24 de janvier 1881.

CHAPITRE I. — Quelques faits historiques.

» Il existe dans le monde extérieur à l'homme des phénomènes ou effets qui donnent lieu à des locutions ne concernant que de *simples apparences*, qui, dès lors, peuvent être des erreurs relativement à la cause réelle des apparences. Telles sont, par exemple, les locutions, bien anciennes sans doute, concernant le Soleil, quand on dit *il se lève* ou *il se couche*. La réalité est son immobilité eu égard aux planètes que l'on considère comme faisant partie de son système et eu égard à la Terre, soumise en réalité à deux mouvements principaux : un mouvement sur son axe de vingt-quatre heures, cause de la nuit et du jour, et un mouvement de translation autour du Soleil de la durée d'une année.

(¹) Nous pouvons dès maintenant signaler dans le Volume (*Recueil de Mémoires*, etc., Tome III, 3ᵉ Partie) deux erreurs d'impression :

Page C.13, T. M. de Paris, au lieu de $16^h 3^m 16^s,6$, lisez $16^h 3^m 26^s,6$.
Page F.51, T. M. de Paris, au lieu de $17^h 4^m 51^s,6$, lisez $18^h 4^m 51^s,6$.

» Un des beaux spectacles offerts aux yeux de l'homme est sans doute cette multitude de couleurs variées que les êtres matériels, bruts ou vivants, réfléchissent ou transmettent lorsque la lumière les éclaire. Eh bien, le langage vulgaire les attribue à des rayons doués de la couleur qui nous affecte, tandis que, selon Newton, les couleurs sont des effets, de pures sensations, que je qualifie de propriétés organoleptiques depuis 1818. En définitive, j'assimile les *couleurs* aux *saveurs* et aux *odeurs*, véritables *effets* ou *sensations* dont la cause première réside dans le corps *sapide* et dans le corps *odorant*.

» Passons au *contraste* ou à la distinction de trois sortes de contrastes : d'abord le *simultané de couleur et de ton*, le *contraste successif*, le *contraste mixte*, puis le *contraste rotatif* dont la découverte ne remonte qu'à 1878.

» Quelle est l'origine de la découverte du premier de ces *contrastes*, d'après lequel on établit l'existence d'un *principe* aussi *général* que l'est le *principe du mélange des couleurs*, auquel il est diamétralement opposé? L'ignorance où l'on était aux Gobelins de ce *double fait*, quand il s'agissait d'ombrer des couleurs dont la *complémentaire* est intense, comme le *rouge*, ou brillante et intense, comme l'*orangé*, ou très lumineuse, comme le *jaune*, ne permettait pas de s'expliquer pourquoi le noir perdait toute sa vigueur, illuminé comme il l'était par ces complémentaires. De ce double fait, dont la cause était ignorée, le regret que m'exprimait M. le baron des Rotours, l'administrateur des Gobelins en 1825, qu'on ne sût pas teindre la laine en noir dans l'atelier de teinture, et la nécessité où il se trouvait de la faire teindre au dehors par un chapelier.

» Si le *péché* d'ignorance a été commis en cette occasion, reconnaissons, dans l'intérêt de la vérité, qu'il ne l'a pas été par l'atelier de teinture des Gobelins.

» Justifions l'expression de *double fait* dont je me suis servi plus haut.

» Pour en comprendre la justesse, il faut savoir que le noir dont il est question est le *noir* matériel. Or j'ai démontré que toute surface matérielle réfléchit de la lumière blanche, tandis que le *noir absolu* n'en réfléchit pas, et j'ai démontré que toute surface matérielle noire réfléchissant de la lumière blanche est soumise au contraste, tandis que le *noir absolu* d'un *trou*, qui n'en réfléchit pas au dehors, ne présente pas le phénomène de ce contraste. La *lumière blanche* est donc la cause immédiate de ce contraste des couleurs, comme je l'ai dit positivement dès le 7 d'avril 1828, date de ma première Communication à l'Académie sur la vision des couleurs.

» La découverte de la loi du contraste des couleurs fut faite à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres le vendredi 27 de juillet 1827, jour de sa séance publique, et ce jour-là même communiquée à mon excellent ami Ampère.

» Le 7 d'avril 1828 donc, où je la communiquai à l'Académie, je me crus autorisé à déduire des expériences du P. Charles Scherffer le *contraste successif* des couleurs, en le distinguant du *contraste simultané* par ce qu'il se produit en *deux temps immédiatement successifs,* tandis que le *simultané* se produit en un temps unique.

» Le P. Scherffer ne faisait, à la vérité, que poursuivre l'étude d'un phénomène dont Jurien d'abord et Buffon ensuite s'étaient occupés. Buffon avait qualifié d'*accidentelles* les couleurs qui apparaissent lorsque, après avoir observé une couleur, on jette les yeux sur une surface blanche, et aussi lorsqu'on a regardé le disque du Soleil, ou bien encore lorsqu'on a reçu un coup sur l'œil.

» Mais, à mon sens, ce qui distingue le P. Scherffer de ses prédécesseurs, c'est d'avoir *prouvé par l'expérience* que la couleur dite accidentelle par Buffon est *constante,* et dès lors soumise à une *loi de la nature* qui rendait désormais impossible la qualification d'*accidentelle.* Le P. Scherffer ne pouvait faire davantage; ne cherchons donc pas à affaiblir son mérite en disant qu'il ne s'est pas servi du mot *complémentaire* qui n'était pas de son temps, et ne lui reprochons pas d'avoir omis de faire remarquer que, en mêlant la couleur C qu'on voyait après la couleur A, les deux couleurs mélangées se neutralisaient comme couleur.

» Enfin je distinguai le *contraste mixte :* ce contraste, comme le *contraste successif,* composé de deux temps se succédant de la manière suivante. On regarde dans un premier temps une feuille de papier de couleur verte; dès que la perception de cette couleur est terminée, après avoir cessé de la regarder, on porte la vue sur une feuille de papier bleu égale en étendue à la feuille verte, et la feuille bleue paraît violette par suite du mélange de la complémentaire du *vert,* le *rouge,* avec le *bleu* de la seconde feuille.

» Pour bien faire l'expérience, il faut regarder d'un seul œil, le droit par exemple, la feuille *verte,* puis reporter l'œil droit sur la feuille *bleue;* après avoir perçu le violet, on ferme l'œil droit, on ouvre l'œil gauche, et la feuille apparaît bleue; on peut répéter l'expérience plusieurs fois. Le violet va en s'affaiblissant jusqu'à ce que la perception de la complémentaire rose du vert ait cessé.

» Toutes mes observations et mes expériences sur la vision des couleurs, publiées soit comme Ouvrages séparés : *De la loi du contraste simultané des couleurs; Leçons faites à Lyon en 1842 et 1843 sur les effets optiques des étoffes de soie*, publiées en 1846, soit comme Notes ou Mémoires dans les *Comptes rendus* et dans le Recueil des Mémoires de l'Académie, ne renferment aucune proposition principale que je puisse considérer aujourd'hui comme erronée de manière à être démentie.

» Je passe donc à mes expériences, commençant au mois de février de l'année 1878.

CHAPITRE II. — RECHERCHES SUR LA VISION DES COULEURS DEPUIS LE MOIS DE FÉVRIER DE L'ANNÉE 1878, OU LES COULEURS ONT ÉTÉ VUES EN MOUVEMENT, ET LE CONTRASTE ROTATIF DÉCOUVERT.

» Comment, pourra-t-on me demander, avec cette conviction dans l'exactitude de mes observations et de mes expériences faites depuis 1825 jusqu'en 1878, entreprendre de nouvelles recherches? C'est qu'alors j'appris que des savants distingués, incontestablement, avaient gardé le silence sur des travaux inexacts probablement à leur sens, parce que, pensaient-ils, les bases en reposaient sur des complémentaires incompatibles avec les trois couleurs admises par Thomas Young comme simples, à savoir le *rouge*, le *vert* et le *violet*, tandis que j'avais admis avec Newton et Arago les complémentaires des trois couleurs simples des artistes, le *rouge*, le *jaune* et le *bleu*, et celles de leurs couleurs binaires, l'*orangé*, le *vert* et le *violet*. Fidèle à la méthode expérimentale, n'ayant fait que des expériences sur la vision des couleurs en repos, c'était un devoir pour moi d'observer des couleurs matérielles en mouvement et de les observer depuis la vitesse extrême jusqu'au repos.

» Certes, si j'ai été heureux dans ma carrière scientifique, c'est d'avoir eu cette pensée vraie à laquelle j'ai dû la connaissance de trois phases de phénomènes que présentent des *disques* ou *cercles* en mouvement, dont une moitié diamétrale est teinte d'une *couleur* A, tandis que l'autre moitié diamétrale est *blanche;* ce sont ces *disques* ou *cercles* que j'appelle *pirouettes complémentaires* lorsqu'ils ont un diamètre de $0^m,14$ et plus, et qu'une broche n° 8, fixée perpendiculairement à leur centre, permet à la main de mettre en mouvement convenable de cent soixante-dix au plus et de soixante au moins par minute, pour montrer la complémentaire C de la couleur A.

» C'est en recourant à l'artifice moteur qui imprime un mouvement circulaire à la *toupie d'Allemagne,* propre à imprimer un mouvement de vitesse au maximum jusqu'au repos, à un cercle chromatique de $0^{m},14$ à $0^{m},40$ de diamètre, dont une moitié diamétrale est d'une *couleur* A et l'autre moitié *blanche,* qu'on peut distinguer les trois phases suivantes de phénomènes:

Première phase.............. Teinte uniforme, mais variable.
Deuxième phase.......... Mélodie.

Pour l'apprécier, le cercle doit avoir de $0^{m},36$ à $0^{m},40$ de diamètre.

Troisième phase.......... Contraste.

Alors apparaissent deux couleurs complémentaires l'une de l'autre.

» N'ayant jamais pu disposer, aux Gobelins, ni d'une *chambre noire* pour rapporter à des rayons types pris dans le spectre solaire les couleurs matérielles du premier de mes cercles chromatiques, ni d'un appareil du général Morin, dit *à plateaux tournants, pour l'observation des lois du mouvement,* je puis dire aujourd'hui : *malheur est bon à quelque chose,* puisque, pour les rayons lumineux types du premier cercle chromatique, j'ai profité, au Muséum d'Histoire naturelle, de la complaisance de MM. Becquerel père et de son fils Edmond, et, au Conservatoire des Arts et Métiers, de celle de M. Tresca; c'est grâce à lui que je puis présenter à mes lecteurs les deux Tableaux suivants, avec des chiffres mesures des vitesses correspondant aux phénomènes des trois phases du mouvement rotatif des cercles ou pirouettes complémentaires.

» En définitive, n'oublions pas :

» 1° Que, pour distinguer les trois phases successives et non interrompues, il faut recourir à la toupie d'Allemagne ;

» 2° Que, pour observer le mouvement uniforme d'un cercle ou pirouette complémentaire avec une même vitesse, il faut recourir à l'appareil du général Morin.

EXPÉRIENCES FAITES AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS LE 1er ET LE 5 DE MAI 1880.

Tableau n° 1.

Tours par minute.	*Rouge ton* 3.	Tours par minute.	*Vert ton* 3.	Tours par minute.	*Jaune ton* 8.	Tours par minute.	*Violet ton* 5.	Tours par minute.	*Bleu ton* 5.	Tours par minute.	*Orangé ton* 3.
					PREMIÈRE PHASE. — *Teinte uniforme.*						
926..	Blanc.	926..	Verdâtre.	926..	Bleuâtre.	926..	Blanc.	926..	Assez blanc.	926..	Assez blanc.
864..	Blanc.	864..	Verdâtre.	864..	Uniforme.	864..	Très blanc.	864..	Moins blanc.	864..	Moins blanc.
810..	Très uniforme.	810..	Uniforme.	810..	Uniforme.	810..	Très uniforme.	810..	Uniforme.	810..	Très uniforme.
					DEUXIÈME PHASE. — *Mélodie.*						
282..	Belle mélodie.	282..	Belle mélodie.	282..	Belle mélodie.	282..	Mélodie.	282..	Belle mélodie.	282..	Belle mélodie.
254..	Tr. belle mélodie.	254..	Belle mélodie.	254..	Tr. belle mélodie.	254..	Mélodie.	254..	Tr. belle mélodie.	254..	Tr. belle mélodie.
220..	Tr. belle mélodie.	220..	Tr. belle mélodie.	220..	Tr. belle mélodie.	220..	Mélodie.	220..	Belle mélodie.	220..	Belle mélodie.
200..	Tr. belle mélodie.	200..	Tr. belle mélodie.	200..	Tr. belle mélodie.	200..	Mélodie.	200..	Mélodie.	200..	Mélodie.
168..	Belle mélodie.	168..	Belle mélodie.	168..	Lim. de la mélodie.	168..	Lim. de la mélodie.				
					TROISIÈME PHASE. — *Contraste.*						
160 à 60 (¹).		160 à 60 (¹).		160 à 60.		160 à 60.		168 à 60.		168 à 60.	

Tableau n° 2.

Tours par minute.	*Rouge-orangé ton* 8.	Tours par minute.	*Vert-bleu ton* 7.	Tours par minute.	*Orangé-jaune ton* 7.	Tours par minute.	*Bleu-violet ton* 9.	Tours par minute.	*Jaune-vert ton* 10.	Tours par minute.	*Violet-rouge ton* 5.
					PREMIÈRE PHASE. — *Teinte uniforme.*						
926..	Assez blanc.	926..	Très uniforme.	926..	Presque blanc.	926..	Presque blanc.	926..	Bleuâtre.	926..	Presque blanc.
864..	Assez blanc.	864..	Bleuâtre.	864..	Moins blanc.	864..	Blanc.	864..	Blanchâtre.	864..	Blanc rosé.
810..	Uniforme.	810..	Uniforme.	810..	Moins blanc.	810..	Presque blanc.	810..	Bleu verdâtre.	810..	Presque blanc.
					DEUXIÈME PHASE. — *Mélodie.*						
282..	Ass. belle mélod.	282..	Ass. belle mélod.	282..	Ass. belle mélod.	282..	Ass. belle mélod.	282..	Ass. belle mélod.	282..	Ass. belle mélod.
254..	Mélodie.	254..	Mélodie.	254..	» mélod.	254..	Mélodie.	254..	Mélodie.	254..	Mélodie.
		200..	Mélodie.	200..	» mélod.			200..			
		172..	Mélodie.	172..	Mélodie.						
					TROISIÈME PHASE. — *Contraste.*						
172 à 60 (²).		160 à 60.		160 à 60.		172 à 60.		160 à 60.		160 à 60.	

(¹) On a observé le commencement du contraste du *rouge* et du *vert* du 172e au 170e tour.

(²) Il est arrivé : 1° que le *rouge orangé*, le *vert bleu* ton 10 ont présenté le commencement du contraste au-dessus de 172 tours; 2° que le *jaune vert* et le *violet rouge* l'ont présenté au-dessous de 160 tours; 3° que le *violet rouge* ton 8 s'est montré, dans la première phase, *moins blanc* que le ton 5.
Le *vert bleu* ton 10 s'est montré, dans la même phase, *plus blanc* que le ton 7.

CHAPITRE III. — Résultats des expériences faites au Conservatoire des Arts et Métiers avec l'appareil du général Morin.

» Première phase. — *Caractère.* — Dans toute la durée de cette phase, la teinte du cercle en mouvement ne cesse pas d'être uniforme, quoique variable.

» Rien donc de plus facile à constater, car la première phase finit au moment où la surface du cercle en mouvement présente une *moire légère*, commencement de la *deuxième phase*.

» Les faits suivants ont été observés aux Gobelins avec des cercles de $0^m,07$ de rayon, dont les moitiés diamétrales étaient les suivantes :

» *Noir et blanc.* — Il a donné un gris uniforme, ton 7 ou 6, qui s'est abaissé *presque au blanc.*

» *Noir et gris, ton* 5. — Il a donné un gris bleuâtre ton 9,5, dont le centre est descendu au ton 6,5.

» *Noir et rouge, ton* 10. — Il a donné un rouge, ton 15, *sans rabat*, qui est descendu au ton 12,5.

» *Blanc et rouge ton* 10. — Il a donné un violet-rouge, ton 4,5, qui est descendu au ton 3.

» Je n'écris cette phase que pour faire mention du phénomène suivant : C'est que, dans toutes mes expériences concernant cette première phase, ce n'est pas au moment même où les vitesses de rotation sont les plus grandes que l'abaissement du ton de la teinte uniforme que présente le disque est au maximum d'abaissement : c'est à la fin de cette phase qu'on observe ce fait. Mais ce *fait* peut n'être qu'une apparence.

» Les résultats des expériences faites au Conservatoire avec l'appareil du général Morin sont les suivants pour la première phase [1] :

» *Teinte uniforme des cercles complémentaires.* — Toutes les couleurs simples et binaires (des artistes) ont présenté une teinte uniforme, mais variable, de 926 à 840 tours par minute, à savoir :

Le rouge et le vert.
Le bleu et l'orangé.
Le jaune et le violet.

---

[1] Il ne faut pas perdre de vue que, dans toutes les expériences faites au Conservatoire, tous les cercles avaient une moitié diamétrale blanche, tandis que l'autre moitié était teinte d'une couleur *simple*, ou *binaire*, ou *complexe*.

» Même résultat pour les couleurs complexes, à savoir :

Le rouge-orangé et le vert-bleu.
L'orangé-jaune et le bleu-violet.
Le jaune-vert et le violet-rouge.

» De 926 à 864 tours à la minute,

Le rouge et le violet sont décidément blancs.
Le bleu l'est un peu moins.
Le vert, le jaune et l'orangé ont une teinte fort légère.

» Comme on devait s'y attendre, la *blancheur* est produite moins fréquemment par les cercles de *couleurs complexes* mutuellement complémentaires, dont chaque cercle comprend les trois couleurs simples dans sa moitié diamétrale colorée.

			Tours par minute.
Blanc	produit par le	bleu-violet........	864
Assez blanc	»	rouge-orangé......	926 à 864
Presque blanc	»	bleu-violet........	926 à 810
»	»	violet-rouge......	926 à 810
»	»	orangé-jaune......	926
Bleuâtre	»	vert-bleu........	864
»	»	jaune-vert........	926

» Deuxième phase. — *Mélodie des couleurs simples et binaires.*

Tours.	Rouge, ton 5.	Vert, ton 3.
282.......	Belle mélodie	Idem.
254.......	Très belle mélodie	Belle mélodie
220	Très belle mélodie	Idem.
200.......	Très belle mélodie	Idem.
168.......	Belle mélodie	Limite de la mélodie

» La différence n'est certes pas grande, puisqu'elle ne porte guère que sur le 254e tour, où il y a très belle mélodie pour le rouge et seulement belle mélodie pour le vert.

Tours.	Jaune, ton 8.	Violet, ton 5.
282.......	Belle mélodie	Mélodie
254.......	Très belle mélodie	Mélodie
220.......	Très belle mélodie	Mélodie
200.......	Très belle mélodie	Mélodie
168.......	Limite de la mélodie	Idem.

» Des trois exemples, c'est celui où la différence est la plus grande, quoiqu'en définitive elle soit loin d'être extrême.

Tours.	Bleu, ton 8.	Orangé, ton 3.
282.......	Belle mélodie	Idem.
254.......	Très belle mélodie	Idem.
220.......	Belle mélodie	Idem.
200.......	Mélodie	Idem.

» Fait remarquable, ces deux couleurs ont présenté des phénomènes identiques.

» *Mélodie des couleurs complexes :*

Tours.	Rouge-orangé, ton 8.	Vert-bleu, ton 7.
282.......	Assez belle mélodie	Idem.
254.......	Mélodie	Idem.
	Orangé-jaune, ton 7.	Bleu-violet, ton 9.
282.......	Assez belle mélodie	Idem.
254.......	Assez belle mélodie	Mélodie
	Jaune-vert, ton 10.	Violet-rouge, ton 5.
282.......	Assez belle mélodie	Idem.
254.......	Mélodie	Idem.

» En définitive, ces résultats ne présentent rien de remarquable, sinon un grand accord.

» Troisième phase. — *Contraste.* — Incontestablement elle est la plus remarquable, et, si les observations faites au Conservatoire montrent que les phénomènes du contraste apparaissent avec des vitesses supérieures à celles que j'ai indiquées avec l'appareil de M. Salleron, aucune ne prouve que l'on n'observe pas le contraste rotatif dans les limites de 160 à 60 tours par minute. Ce que je reconnais, c'est que le contraste puisse se manifester par des nombres de tours supérieurs à 160; ainsi je ne doute pas que le contraste du rouge et du vert ne s'observe au-dessus de 170 tours par minute, et que celui du bleu et de l'orangé puisse se manifester à 168.

» Enfin, comme conjecture, les couleurs du second Tableau que je qualifie *de complexes* sembleraient plus disposées que les autres à se séparer les unes des autres par des mouvements plus rapides.

CHAPITRE IV. — Du contraste rotatif.

» L'expression des phénomènes que présentent les *disques* ou *cercles complémentaires* et les *pirouettes complémentaires* en mouvement, comprend deux idées inséparables, que voici, en s'adressant à l'esprit :

» 1° *La vue d'une couleur* A *expliquant l'impossibilité d'en voir en même*

temps la complémentaire dans l'étendue occupée par A *pendant toute la durée de la perception de cette couleur* A *par l'esprit.*

» 2° *Par là même que, dans le temps succédant immédiatement à la cessation de la perception de* A, *la rétine est préparée à n'être affectée que par la complémentaire* C *de* A, *quand elle ne sera frappée que par de la lumière blanche.*

» Les deux principes sur la vision des contrastes de couleurs établis par l'observation des couleurs matérielles *en repos* dès 1828 se déduisent donc :

» 1° De la réflexion de la lumière blanche par toute surface matérielle colorée, blanche et même noire;

» 2° De la distinction du *noir matériel* d'avec le *noir absolu,* qui ne réfléchit ni lumière colorée ni lumière blanche; aussi l'expérience prouve-t-elle qu'il ne se prête pas au contraste comme le fait le *noir matériel.*

» C'est parfaitement conforme avec le principe du *contraste rotatif,* et nous ajoutons que c'est grâce à la découverte de ce contraste que j'ai pu montrer ce que les recherches du P. Charles Scherffer sur les couleurs dites *accidentelles* par Buffon avaient de nouveauté et de vérité, qualités qui ne furent guère appréciées peut-être que par Jean Bernoulli, traducteur de ses recherches de l'allemand en français.

» Le P. Charles Scherffer, en observant le premier que toute couleur réfléchie par une surface matérielle éveillait en nous une couleur qualifiée d'*accidentelle* par Buffon, eut le grand mérite, comme je l'ai dit, d'avoir cherché par l'expérience à établir une relation fixe et spéciale avec cette couleur, et à montrer ainsi qu'elle n'avait rien d'*accidentel;* et cette pensée du P. Scherffer était juste, puisque, aujourd'hui, les deux couleurs sont dites *complémentaires* l'une de l'autre; mais pas d'exagération : le P. Scherffer n'a pas dit, à ma connaissance, qu'elles se neutralisent mutuellement l'une et l'autre, soit en produisant de la lumière blanche si elles étaient mêlées à l'état de rayons lumineux, ou un mélange gris ou noirâtre si les couleurs étaient mêlées à l'état de poussière. Quoi qu'il en soit, le *contraste rotatif* a mis hors de doute que j'avais eu parfaitement raison de déduire des expériences du P. Scherffer le *contraste* que j'ai qualifié de *successif.*

» C'est grâce à la découverte du *contraste rotatif,* faite après le mois de février 1878, que j'ai pu apprécier le mérite du P. Scherffer et le faire saisir à tous les yeux au moyen des *disques, cercles* ou *pirouettes complémentaires.* Restons dans le vrai en disant que l'observation du P. Scherffer s'opérait en deux temps, où dans chaque temps les couleurs étaient observées en repos, tandis que dans le *contraste rotatif* elles sont vues en mouve-

ment continu : ce qui veut dire qu'on ne pouvait déduire avec certitude les conséquences que j'ai déduites de l'excellent esprit du P. Scherffer sans le secours de nouvelles expériences précises, relatives aux disques, aux cercles et aux pirouettes que je qualifie de *complémentaires*.

» L'expression des phénomènes que présentent les disques, les cercles ou les pirouettes *complémentaires* en mouvement comprend deux idées inséparables que voici :

» 1° *La vue d'une couleur* A *expliquant l'impossibilité d'en voir en même temps la complémentaire dans l'étendue comprise par* A, *pendant toute la durée de la perception de cette couleur par l'esprit.*

» 2° *Par là même que, dans le temps succédant immédiatement à la perception de* A, *la rétine est préparée à n'être affectée que par la complémentaire* C *de* A, *quand elle ne sera frappée que par de la lumière blanche.*

» Arrêtons-nous un moment sur ces deux idées, qui ne sont que des conséquences déduites du *contraste rotatif*.

» 1° Nous ne confondons pas l'*impression* sur la *rétine* d'une couleur A avec la durée de la *perception par l'esprit* de cette couleur A, car cette perception peut avoir des durées variables; par exemple, le cercle produit par le mouvement circulaire d'un bâton dont une extrémité présente du charbon embrasé en s'arrêtant au point de départ prouve que l'esprit se représente, d'une manière continue, tous les points de la courbe circulaire que le charbon incandescent décrit, et cependant il ne les a occupés qu'un moment. Il est une foule de phénomènes qu'un savant observateur se figure comme présents et sur lesquels la mémoire fixe ses méditations.

» 2° Le *contraste rotatif*, en établissant, par l'expérience, que le même organe, la rétine, peut être affecté dans un premier temps par une couleur A, et ne pas l'être par sa complémentaire C, présente un fait d'autant plus précieux que, dans le premier temps où la perception de la couleur A s'opère, le même organe est préparé à voir la couleur complémentaire C de A, et cela dans la lumière blanche qui frappe alors la rétine sans que celle-ci soit sensible à la couleur A de cette lumière blanche : c'est là ce qui constitue le deuxième temps du *contraste rotatif*.

» 3° L'explication que j'ai donnée des *ombres colorées*; elles sont produites par la lumière blanche qui vient à éclairer l'ombre préalablement produite par une lumière colorée.

» 4° Si l'on veut bien se rappeler le nom d'un peintre, auteur de plusieurs tableaux d'un mérite incontesté, qui a appartenu à l'Académie des Beaux-Arts, M. Hersent, et lire, dans l'ouvrage dont cet écrit n'est qu'un extrait,

une anecdote qui le concerne et qui m'est personnelle, on verra que toute sa vie il a ignoré le *principe du contraste des couleurs*. J'en reparlerai plus loin (page 1101).

» J'insiste avec raison sur la pensée que j'eus autrefois d'attribuer, dans l'origine de mes recherches sur les contrastes de couleur, la cause immédiate du phénomène à la lumière blanche, que toute surface matérielle réfléchit lorsqu'elle est colorée et même noire. Je distinguai dès lors le *noir matériel*, présentant le phénomène du contraste, d'avec le *noir absolu* qui, n'en réfléchissant pas, ne se prête point au contraste.

» C'est grâce à cette manière de voir, en même temps que je déduisis si heureusement des expériences du P. Scherffer le *contraste successif*, d'après lequel les yeux, voyant dans un *premier temps* une couleur A, en voient lorsque la perception vient de cesser, dans un second temps, la complémentaire C de A. S'il m'a été donné de considérer le P. Scherffer comme l'auteur d'une découverte d'après laquelle on dit aujourd'hui *qu'une couleur est complémentaire d'une autre couleur*, j'en suis redevable à la découverte du *contraste rotatif*, qui ne remonte que postérieurement au mois de février 1878. La *pirouette complémentaire* démontre donc que *dans un premier temps* la vue d'une couleur A qui colore la moitié diamétrale d'un cercle dont l'autre moitié est *blanche* ne permet à la rétine que d'être sensible à la cause de la lumière, qui donne à l'organe l'impression de la complémentaire C de A dans un *deuxième temps*. En résumé, dans le premier temps, l'organe actif à l'égard de A est frappé d'*anesthésie* à l'égard de C, et dans le deuxième temps le même organe actif pour C est frappé d'anesthésie à l'égard de A.

» Cette découverte du *contraste rotatif* me permet d'établir une intimité entre tous les contrastes que j'ai appelés *contraste simultané de couleur, contraste simultané de ton, contraste mixte*, intimité qu'ils n'avaient pas, et qu'on appréciera, je l'espère, si l'on veut bien me suivre dans la revue des objets que je vais exposer dans autant de Chapitres.

» 1° Jour répandu par le contraste rotatif sur les contrastes simultanés de couleur, en considérant les choses au point de vue le plus général.

» 2° Jour répandu par le contraste rotatif sur le contraste simultané de deux couleurs juxtaposées non mutuellement complémentaires qui ont une ou deux couleurs simples des artistes communes.

» 3° Du jour répandu par le contraste rotatif sur le contraste simultané de deux couleurs simples des artistes qui sont juxtaposées.

» 4° Du jour répandu par le contraste rotatif sur deux couleurs mutuellement complémentaires juxtaposées.

» 5° Jour répandu par le contraste rotatif sur le contraste simultané de ton.

» 6° Jour répandu par le contraste rotatif sur le contraste mixte.

» 7° Jour répandu par le contraste rotatif sur les ombres colorées.

CHAPITRE V. — Du jour répandu par le contraste rotatif sur les contrastes simultanés des couleurs en considérant les choses au point de vue général.

» Quoique mes études sur les contrastes de couleur aient commencé par le contraste simultané de couleur et de ton, et que dès le commencement de mes études la cause immédiate du contraste m'ait paru être la lumière blanche, que toute surface matérielle réfléchit avec la lumière colorée qu'elle peut avoir, j'avoue ne l'avoir bien appréciée, cette cause, qu'après 1878. Alors il m'a semblé que, si l'observation des couleurs matérielles en mouvement ne dévoilait aucune erreur regrettable dans mes études des couleurs matérielles en repos, je n'avais pas assez insisté explicitement sur ce que la cause immédiate du contraste des couleurs rapportées à la lumière blanche avait de satisfaisant dans l'explication des phénomènes.

» Eh! pourquoi? C'est que le *contraste relatif* a mis en évidence ce que le *contraste successif*, tel que je l'avais déduit des expériences du P. Scherffer, n'avait pas été rigoureusement démontré, à savoir :

» 1° Que la couleur A d'une pirouette complémentaire empêchait l'œil d'apercevoir, sur l'étendue matérielle du cercle qu'elle occupait, sa complémentaire C;

» 2° Mais qu'aussitôt la perception de A satisfaite, et quand la lumière blanche du cercle frappait l'œil, cette lumière n'agissait sur la rétine que par C complémentaire de A.

» Et j'ajoute que les deux phénomènes se manifestaient indéfiniment avec le mouvement convenable du cercle.

» Les preuves que les choses se passent ainsi sont les suivantes :

» C'est qu'un cercle-cocarde dont la couleur A occupe le centre et le blanc constitue une zone circulaire égale en étendue à la partie centrale colorée et vue, en mouvement, comme l'est le cercle-cocarde en repos; en d'autres termes, cette zone en mouvement ne paraît jamais verte comme le cercle-

pirouette dont une moitié diamétrale est teinte de la couleur A et l'autre moitié est blanche.

» Il faut donc qu'il y ait succession de deux surfaces égales d'étendue et de forme, se présentant successivement à l'œil, regardant le cercle à un endroit fixe et durant un premier temps d'une durée t et un second temps d'une durée τ.

» Enfin je rappellerai l'expérience décrite dans le complément de mes études sur la vision [1], dans laquelle, après avoir vu une zone circulaire verte et blanche après la vue du vert caché au moyen d'un écran, on voit la partie blanche *rose* sans voir en même temps la partie verte.

» En résumé, pour s'expliquer le mode d'agir du *contraste rotatif*, il faut se représenter :

» 1° L'égalité d'étendue et de forme de deux moitiés diamétrales circulaires dont l'une est de couleur A et l'autre blanche;

» 2° Les deux moitiés affectant la rétine par des points symétriquement placés et animés de vitesses variables selon leur éloignement du centre, et conséquemment égales pour toutes celles qui sont à la même distance du centre de rotation;

» 3° D'après cela, chaque point de la moitié de couleur A agit sur la rétine dans un premier temps, et le point correspondant de la moitié blanche agit dans un second temps par la lumière blanche qu'elle réfléchit;

» 4° Mais cette lumière blanche n'agit que sur la fraction cause de la la couleur C, complémentaire de la couleur A de la moitié colorée du cercle;

» 5° Une condition absolument nécessaire, c'est que les yeux de l'observateur ne cessent pas de regarder la pirouette complémentaire d'une position convenable et invariable.

» Les détails précédents expliquent comment il est arrivé que, avant la découverte du *contraste rotatif*, *le contraste simultané de couleur et de ton* ne pouvait avoir ni la précision, ni la généralité, ni la certitude dont il est redevable aujourd'hui au *contraste rotatif*.

» Sans doute, dès l'origine de mes recherches sur la vision, j'ai eu deux pensées : celle d'attribuer la cause immédiate du contraste simultané à une fraction de la lumière blanche que toute surface matérielle réfléchit, et la pensée de déduire des expériences du P. Scherffer le *contraste* que

---

[1] Tome XLI des *Mémoires de l'Académie des Sciences*, alinéas 171 à 176 *ter*, expérience représentée par la *fig.* 6.

j'ai qualifié de *successif*, en disant qu'il se produit en *deux temps*, tandis que le contraste simultané s'accomplit en un *seul temps*.

» Grâce à ces deux pensées, j'ai pu exprimer heureusement dans une formule comment le *contraste simultané de couleur* se résumait en deux expressions équivalentes, à savoir que deux couleurs différentes se présentaient aux yeux, *soit comme si elles eussent perdu de ce qu'elles avaient d'identique, soit comme si la* COMPLÉMENTAIRE *de l'une d'elles s'ajoutait à la couleur de l'autre*.

» Cette formule, donnée dès le mois d'avril 1828, est si vrai qu'on peut en voir la preuve dans l'*Album du contraste simultané des couleurs* de M. Émile Délicourt ([1]), et, en la considérant au seul point de vue exclusif de la mémoire, les deux expressions que je rappelle me paraissent les plus simples à retenir pour conserver la mémoire de la *loi du contraste simultané des couleurs*. Mais je dois ajouter que, comme *expression de la vérité* de la cause de la vision, en prenant en considération les faits démontrés par les *pirouettes complémentaires*, je préfère la manière dont j'envisage la vision aujourd'hui conformément à la connaissance du *contraste rotatif*.

» En parlant du *contraste simultané des couleurs* je ne dirai donc plus : on prend une première zone de couleur A et une seconde zone de couleur B; toutes les deux réfléchissent, avec la couleur qui leur est propre, de la lumière blanche, dont une fraction, réfléchie par la première zone de couleur A, est égale à $b + c'$ (c' est complémentaire de b), et par la seconde zone de couleur B est égale à $a + c$ (c est complémentaire de a). Par la juxtaposition, les deux zones perdent ce qu'elles ont d'identique : la première zone perd b, identique à B; la seconde zone perd a, identique à A. L'effet serait le même en disant que chacune des zones reçoit la complémentaire de sa voisine.

» Il n'y a rien à ajouter quand il s'agit de se représenter les effets du contraste. Mais est-ce bien la vérité? La formule n'est-elle pas un aide-mémoire plutôt que l'expression vraie des choses? Telle est mon opinion depuis la découverte du *contraste rotatif*.

» Depuis cette découverte, j'aperçois un fait qui arrive plus fréquemment qu'on ne pense dans les sciences, dites *expérimentales*, auxquelles on

---

([1]) La deuxième édition (1847) comprend, en Planches réduites, tous les exemples de contraste qui composent l'ensemble des *effets de contraste* représentés par des figures en papier peint, qui me servaient aux Gobelins et dans les deux Cours que j'ai faits à Lyon en 1842 et 1843.

applique des formules mathématiques : c'est de croire qu'il n'y a pas d'autre cause possible des effets qu'on a observés qu'une formule qui exprime un effet qu'on a décrit. Or, quoique j'aie eu le soin de faire observer que je ne parlais que de la cause immédiate en attribuant la cause du *contraste simultané des couleurs* à la lumière blanche, j'ai aperçu, après de nombreuses réflexions, que la formule donnée en 1828 laissait quelque chose à désirer dans les deux cas où les couleurs juxtaposées sont deux couleurs simples des artistes, comme le *rouge* et le *jaune*, le *jaune* et le *bleu*, enfin le *rouge* et le *bleu*.

» On peut se demander en effet ce qu'il y a d'identique dans les trois associations dont je viens de parler.

» Même question pour les juxtapositions de couleurs mutuellement complémentaires, comme le *rouge* et le *vert*, le *jaune* et le *violet*, le *bleu* et l'*orangé*.

» Évidemment il n'y a rien d'identique en des couleurs mutuellement complémentaires, et l'on ne peut considérer comme un cas de *contraste* la neutralisation mutuelle de deux couleurs dites *complémentaires*.

» A mon point de vue, ces difficultés n'existent plus en ayant égard aux conséquences déduites du *contraste rotatif* et rendues sensibles à la vue par les *pirouettes complémentaires*.

» Dans un sujet aussi nouveau que la théorie actuelle de la vision des couleurs, je me garderai bien de réduire l'étendue du Mémoire dont cet écrit n'est qu'un extrait. Je suis décidé à conserver dans le Mémoire des figures qui ont été mises sous les yeux de l'Académie, quoiqu'elles aient été faites avant que j'eusse la conviction, que j'ai actuellement, que, si mon œuvre se modifie, la base n'en sera point renversée. Les *fig.* 5 et 6 qui en font partie présentent dans la cinquième le *rouge* et le *jaune*, et dans la sixième le *jaune* et le *bleu*, association qui montre le *jaune prenant de l'orangé* et le *bleu prenant du violet*, exemple de *contraste* qui fit dire à M. Hersent que, si un autre que M. Chevreul admettait un tel résultat, il lui dirait qu'il en a menti, mais que, M. Chevreul le lui disant, il répondait : Je veux le voir pour le croire, sur mon invitation de passer aux Gobelins; il est mort vingt ans après sans s'y être rendu.

» Chacune des deux figures montre :

» 1° L'*explication inexacte*, où l'on admet le mélange des couleurs juxtaposées avec ce qu'elles ont d'identique dans la couleur blanche;

» 2° L'*explication vraie*, d'après laquelle chaque couleur est modifiée comme si elle recevait la complémentaire de sa voisine.

» Enfin, 1° une autre figure représente les modifications subies par les associations, conformément au principe du contraste rotatif :

» 2° Une dernière figure représente une explication analogue concernant les modifications subies par l'assortiment de deux couleurs mutuellement complémentaires, le rouge et le vert. »

CHAPITRE VI. — JOUR RÉPANDU PAR LE CONTRASTE ROTATIF SUR LE CONTRASTE SIMULTANÉ DE DEUX COULEURS JUXTAPOSÉES, NON MUTUELLEMENT COMPLÉMENTAIRES, QUI ONT UNE OU DEUX COULEURS SIMPLES COMMUNES.

» Les couleurs dont je vais parler constituent deux groupes.

» Le *premier* comprend *une couleur simple et une couleur binaire* des artistes :

» 1° Rouge et orangé; 2° rouge et violet; 3° jaune et orangé; 4° jaune et vert; 5° bleu et vert; 6° bleu et violet.

» Par la juxtaposition, la couleur binaire perd de la couleur simple qui lui est juxtaposée, et la couleur simple prend la couleur simple, que ne contient pas la couleur binaire.

» Par exemple, l'orangé perd du rouge et s'éloigne ainsi du rouge; en outre, le rouge prend du bleu et s'éloigne encore par là de l'orangé.

» Les couleurs perdent donc de ce qu'elles ont d'identique, et la complémentaire du rouge, qui est le vert, s'ajoute à l'orangé, comme le bleu, complémentaire de l'orangé, s'ajoute au rouge.

» Une seconde manière de s'exprimer est de rapporter le contraste à la lumière blanche réfléchie par les deux zones, en disant que la lumière blanche de la *zone rouge,* perdant de son activité pour le jaune, lui donne du violet, comme la lumière blanche de la *zone orangée,* en perdant de son activité pour le violet, fait paraître l'orangé, sinon verdâtre, du moins plus jaune.

» Tout ce qui concerne les *associations du premier groupe* s'explique ainsi de la même manière, en faisant remarquer que la dernière explication me paraît plus rapprochée de la vérité que la première.

» Passons au *second groupe,* comprenant des *associations de deux couleurs binaires des artistes,* à savoir : 1° *orangé* et *vert;* 2° *orangé* et *violet;* 3° *vert* et *violet.*

» Rien de plus simple que l'explication de ces trois associations.

» L'*orangé* donne du bleu au vert, et le vert du *rouge* à l'orangé.

» L'orangé donne du bleu au violet, et le violet du jaune à l'orangé.

» Le vert donne du rouge au violet; et le violet du jaune au vert.

» Quoi qu'il en soit, les apparences s'expliquent mieux de la manière suivante.

» *Orangé et vert.* — La lumière blanche de la zone orangée agit par son *activité pour l'orangé et le rouge,* au détriment de son activité pour le *bleu et le vert.*

» De même, la lumière blanche de la zone verte agit par son *activité pour le vert et le bleu,* au détriment de son activité pour le *rouge et l'orangé.*

» *Orangé et violet.* — La lumière blanche de la zone orangée agit par son *activité pour l'orangé et le jaune,* au détriment de son activité pour le *bleu et le violet.*

» De même, la lumière blanche de la zone violette agit par son *activité pour le violet et le bleu,* au détriment de son activité pour *le jaune et l'orangé.*

» *Vert et violet.* — La lumière blanche de la zone verte agit par son *activité pour le vert et le jaune,* au détriment de son activité pour le *rouge et le violet.*

» De même, la lumière blanche de la zone violette agit par son *activité pour le violet et le rouge,* au détriment de son activité pour le *jaune et le vert.*

» En définitive, à l'égard des deux groupes d'associations, l'explication fidèle du contraste rotatif est plus conforme à l'expérience que la première.

CHAPITRE VII. — Jour répandu par le contraste rotatif sur le contraste simultané de deux couleurs simples des artistes.

» Quelle idée peut-on se faire de deux zones juxtaposées, chacune étant d'une couleur simple des artistes, telles qu'une zone *rouge* et une zone *jaune,* une zone *rouge* et une zone *bleue,* une zone *jaune* et une zone *bleue?* Que chaque association peut-elle perdre de ce qu'elle a d'identique entre ses deux zones associées, si l'on ne considère pas la lumière blanche ou une portion de cette lumière pour la cause immédiate du contraste simultané? Évidemment on ne peut concevoir de *complémentaire* si l'on se refuse à recourir à la lumière blanche réfléchie par la surface colorée de chaque zone. A cette condition seulement le contraste est possible.

» En outre, le *contraste rotatif* apprend que, tant que l'œil est affecté par une couleur A et par une couleur B, il ne peut apercevoir, dans les deux parties qu'elles occupent respectivement, ni la complémentaire C de A, ni C'

la complémentaire de B; seulement, lorsque la partie de la rétine qui a vu A ne la verra plus, elle sera prédisposée à en voir la complémentaire C, comme la partie qui voyait B, ne la voyant plus, sera disposée à en voir la complémentaire C'.

» Je me résume en disant que, si dès l'origine de mes recherches je n'avais pas fait dépendre la cause du contraste de la lumière blanche, que toute surface matérielle réfléchit, il m'eût été impossible d'expliquer le contraste de l'association de deux couleurs simples : *le rouge et le jaune, le rouge et le bleu, le jaune et le bleu*, ni celui de l'association de deux couleurs mutuellement complémentaires : le rouge et le vert, le jaune et le violet, le bleu et l'orangé, ainsi que je le dirai dans le Chapitre suivant.

» Les détails m'étant interdits dans cet extrait de mes dernières recherches, je les renverrai à l'opuscule réservé au Recueil des *Mémoires de l'Académie,* où les détails seront accompagnés de figures coloriées, d'après lesquelles il sera impossible à tout lecteur qui, comme M. Hersent, n'aura pas un parti pris, de ne pas admettre le *principe du contraste des couleurs.*

» Je commencerai ce Chapitre VII par admettre, en recourant à l'expérience, que, dans les trois cas d'association des couleurs simples des artistes, il est faux de nier le *principe du contraste des couleurs,* en n'admettant, à l'instar de feu Hersent, que le *principe de leur mélange.*

» Je me sers pour cela d'une méthode analogue à celle qui a été employée par quelques mathématiciens, à savoir : démontrer l'exactitude d'une proposition en démontrant l'absurdité de la proposition contraire. Ici je parle de pur raisonnement, en me servant du mot *absurde*. Je me borne à dire que ce fait est inexact pour ce qui est du ressort de l'expérience.

» Après avoir appliqué l'explication du contraste des associations en recourant à l'intervention de la lumière blanche, l'explication étant, en définitive, conforme au fait expérimental, en disant que les couleurs perdent ce qu'elles ont d'identique ou se modifient comme si la complémentaire de l'une d'elles s'ajoutait à l'autre, j'expose enfin le même résultat, conformément au jour, que, selon moi, le *contraste rotatif* a répandu sur les contrastes de couleur : preuve expérimentale de l'existence du *principe du contraste des couleurs* dans les cas que je cite, à l'exclusion du *principe du mélange des couleurs.*

» Une seule des trois figures coloriées consacrées à chacune des trois associations de deux couleurs simples des artistes suffit pour montrer que le *contraste de couleur* existe pour ces trois associations, à l'exclusion du principe de leur mélange.

» En effet, supposons une zone *jaune* juxtaposée à une zone *bleue;* évidemment, pour satisfaire à l'opinion de M. Hersent [1], il faut recourir à la lumière blanche réfléchie par chacune des zones si l'on veut satisfaire à son opinion; en conséquence, nous représenterons avant la juxtaposition :

» La *zone jaune* par sa couleur *jaune* et une fraction de lumière blanche, *bleu + orangé.*

» La *zone bleue* par sa couleur *bleue* et une fraction de lumière blanche, *jaune + violet.*

» En les juxtaposant, elles perdent de ce qu'elles ont d'identique, à savoir : la zone jaune, du *bleu* de la fraction de lumière blanche, et la zone bleue, du *jaune* de la fraction de lumière blanche : elles s'éloignent donc l'une de l'autre; le résultat est le même si l'on admet que chaque zone prend la couleur complémentaire de la voisine.

» Or, l'orangé qui s'est ajouté au jaune de la zone 1 et le violet qui s'est ajouté au bleu de la zone 2 prouvent que la formule donnée au commencement de ces recherches est exacte, puisqu'en réalité les couleurs *semblent* perdre ce qu'elles ont d'identique ou bien présenter la modification que leur imprime l'addition de la complémentaire de l'une des couleurs à l'autre.

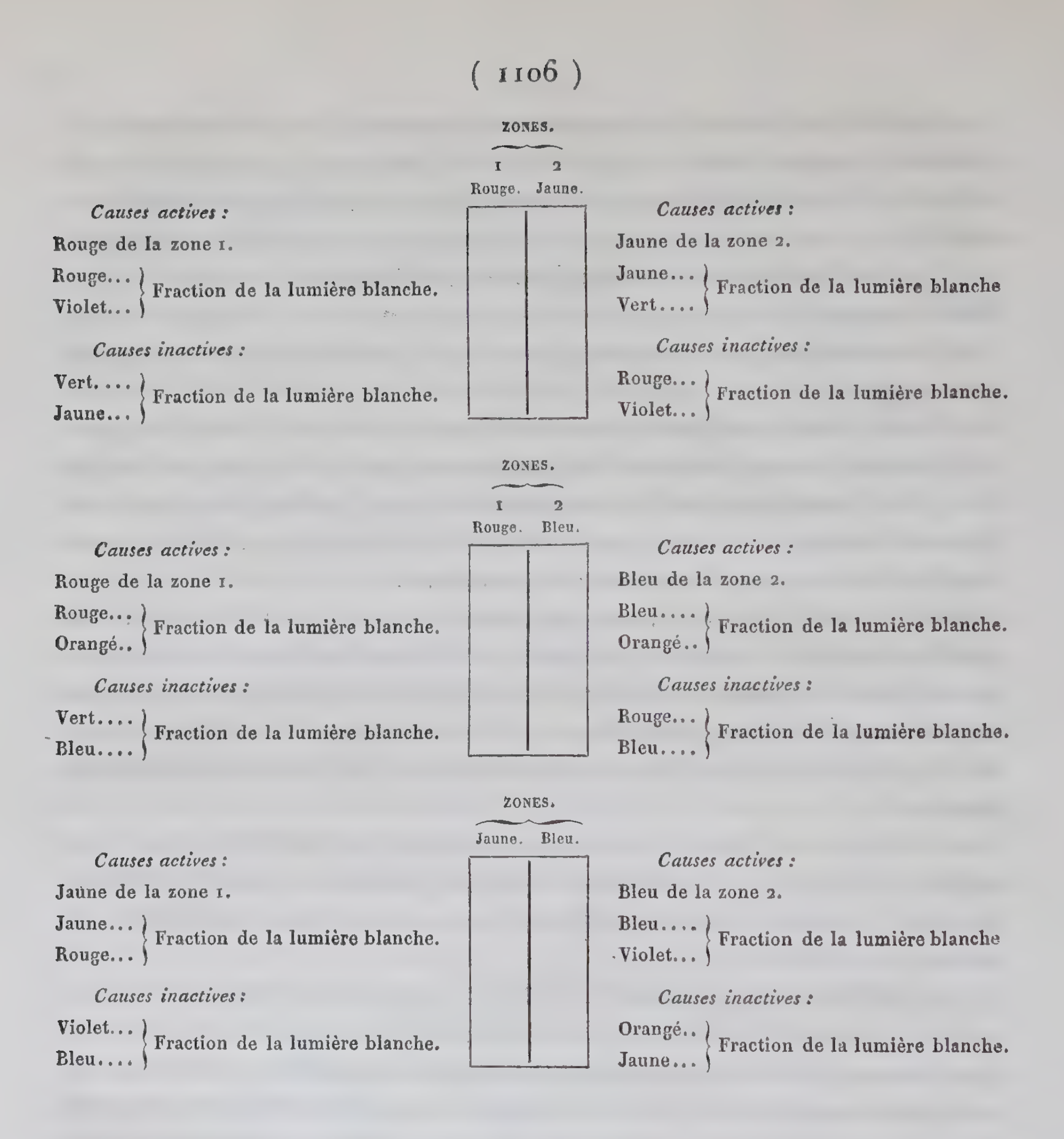
» En définitive, tout ce que nous venons de voir établit le *principe du contraste* à l'exclusion de celui du mélange ; nous verrons que la découverte du contraste *rotatif* apportera de nouveaux faits confirmatifs du premier principe.

» Le *contraste rotatif*, en mettant hors de doute que la rétine qui voit une couleur A ne peut en même temps être sensible à sa complémentaire C dans l'espace où elle voit A, nous apprend que, lorsqu'elle cessera de voir A, la rétine sera sensible à en voir la complémentaire C dans la lumière blanche, et sera frappée d'anesthésie à l'égard de la couleur A de cette même lumière blanche. Voilà ce que la pirouette complémentaire a mis hors de doute. Le *contraste rotatif* se compose donc de *deux temps,* et le *contraste simultané des couleurs, vu en repos,* n'est comparable qu'au *premier temps* du contraste rotatif.

» Ce Chapitre ne peut être terminé convenablement que par la manière dont j'envisage le contraste simultané des trois couleurs simples des artistes. Je renvoie les détails au Mémoire.

---

(1) Voir plus haut.



CHAPITRE VIII. — Jour répandu par le contraste rotatif sur le contraste simultané des couleurs mutuellement complémentaires.

» Là existe une difficulté analogue à celle que nous avons signalée plus haut. Que peut-on considérer comme identique dans deux couleurs mutuellement complémentaires? Qui peut sembler différent ou produisant un contraste, lorsqu'une de ces couleurs s'ajoute à celle qui lui est juxtaposée? Les difficultés disparaissent, comme dans les cas précédents, lorsqu'on a rapporté la cause immédiate du contraste à la lumière blanche et qu'on prend en considération le contraste rotatif.

» Ces résultats sont donc parfaitement correspondants au *premier temps* du *contraste rotatif*, conformément auquel les yeux qui voient la zone *rouge* ne peuvent voir en même temps sur l'étendue rouge le *vert*, sa complémentaire, de même que les yeux qui voient la zone verte ne peuvent voir sur la même étendue verte sa complémentaire le rouge.

» Or, durant la vue des deux couleurs complémentaires le *rouge* et le *vert*, et d'après l'expérience du *contraste rotatif*, la perception du *rouge* se maintenant, cette perception a pour conséquence de recevoir l'impression de la partie *rouge* de la fraction de la lumière blanche et d'être frappée d'anesthésie pour la complémentaire *verte* de cette fraction de lumière blanche.

» Enfin, conformément à l'expérience du *contraste rotatif*, la perception du *vert* se maintenant, cette perception a pour conséquence de recevoir l'impression de la partie *verte* de la fraction de la lumière blanche et d'être frappée d'anesthésie pour la complémentaire *rouge* de cette fraction de lumière blanche.

	ZONES.	
	1 2	
L'œil voit la couleur *rouge*. Il est affecté par la lumière *rouge* de la fraction de la lumière blanche. Donc, deux activités de *rouge*. Inactivité de la lumière *verte* d'une fraction de la lumière blanche.		L'œil voit la couleur *verte*. Il est affecté par la lumière verte de la fraction de la lumière blanche. Donc, deux activités de *vert*. Inactivité de la lumière *rouge* d'une fraction de la lumière blanche.

CHAPITRE IX. — Jour répandu par le contraste rotatif sur le contraste simultané de ton.

» S'il existe un contraste susceptible de démontrer la fréquence du *principe des contrastes* en fait de vision, c'est sans doute le *contraste de ton*, et cela à cause de son extrême simplicité : car toute couleur matérielle mêlée de *blanc* s'éclaircit de manière à se confondre avec le *blanc*, comme, mêlée à du *noir*, elle se fonce jusqu'à se confondre avec le même *noir*. Enfin, le *noir* lui-même, *mêlé de blanc*, peut se confondre avec ce blanc en produisant des gris normaux sans couleur sensible. Les tons d'une couleur, comme les tons du gris normal, peuvent donc donner des tons indéfinis depuis le blanc jusqu'au noir. Des tons équidistants d'une couleur quelconque, allant du blanc au noir, constituent une *gamme* de tons qui partent du blanc, vont jusqu'au vingt et unième ton, qui est le *noir*, si l'on divise les gris intermédiaires en vingt tons équidistants.

» Pour se faire une idée juste du contraste de tons, prenez trois tons

de gris uni à peu près équidistants; mettez le *gris moyen* entre le *plus clair* et le *plus foncé*. Préalablement chaque zone se partage en deux moitiés par une ligne noire tirée dans le sens de la longueur, en supposant chacune d'elles plus longue que large, et les trois gris vous présenteront les effets suivants, en les regardant de la zone la plus claire à la plus foncée : la première moitié de la zone la plus claire paraîtra un peu plus foncée que la seconde moitié touchant à la zone 2; la partie la plus claire de la zone 1 touchera à la première moitié de la zone 2; et les zones 2 et 3 vous présenteront le même phénomène que la première. Mais, fait remarquable, les trois gris qui sont unis vous paraîtront dégradés dans les trois zones, et, si vous avez un ensemble de huit zones unies de $0^{m},03$ de largeur, cet ensemble aura l'apparence des cannelures d'une colonne [1].

» Rien, à mon sens, n'est plus frappant pour les esprits sérieux, recherchant dans les arts du dessin et de la peinture ces phénomènes ordinaires, que ce qu'on est convenu d'appeler *esthétique*, recherche qu'on néglige trop souvent d'expliquer.

» Tout maître digne de ce nom qui verra dans l'*Album du contraste simultané* la première Planche de l'exemple du contraste de ton, en montrant à des élèves choisis l'importance visible de cette Planche, leur dira que, pour copier le modèle avec ses couleurs, *il faut le peindre autrement qu'on ne le voit*, pour que la copie le reproduise fidèlement et non en *charge*.

» Si le *contraste simultané de ton* se prête par sa simplicité et la facilité de l'observer dans une foule de circonstances, et, en outre, s'il donne lieu à des effets si différents, lorsque des gris bien unis dans leur teinte sont observés juxtaposés ensemble, de ce qu'ils se présentent en les regardant isolément, nous sommes les premiers à reconnaître que le jour répandu par ce *contraste* est bien loin d'être comparable au jour que le *contraste rotatif* répand sur le *contraste mixte*, dont nous allons nous occuper.

CHAPITRE X. — Jour répandu par le contraste rotatif sur le contraste mixte.

» Le *contraste mixte*, pour être apprécié à sa valeur, ne peut se passer de la connaissance du *contraste rotatif*, car c'est celui-ci qui a pu expliquer nettement d'une manière précise en quoi consiste le *contraste mixte* et auquel je dois d'avoir apprécié la nécessité d'opérer lorsque j'ai prescrit de prendre

---

(1) Voir la *Pl. I* de l'*Album du contraste simultané des couleurs*, 2e édition; Paris, 1847. Se trouve chez M. E. Delicourt, rue de Charonne, 125 *ter*.

deux feuilles d'égale étendue et de forme pareille. Voici le procédé. On prend une feuille de papier vert; on la regarde de l'œil gauche, l'œil droit étant fermé. Après une minute environ on regarde de l'œil gauche une feuille de papier bleu égale à la feuille verte, et, la perception de la feuille verte ayant cessé, on porte l'œil gauche sur la feuille bleue : elle paraît violette, l'œil gauche recevant à la fois des rayons bleus mêlés de rayons roses venant de la lumière blanche réfléchie par la feuille bleue. On ouvre l'œil droit, qui n'a pas vu auparavant le papier vert, et il ne voit que du bleu. En répétant un certain nombre de fois la vision, l'œil gauche étant fermé de temps en temps et l'œil droit fermé, on voit à plusieurs reprises la feuille bleue violette; mais cette couleur va toujours en diminuant jusqu'à ce que la perception de la couleur C complémentaire soit effacée. Alors, si l'œil droit et l'œil gauche de l'observateur regardent alternativement la feuille bleue, chacun ne le verra plus que de la couleur bleue.

» Le *contraste mixte* n'est donc en définitive que le *contraste rotatif;* seulement la feuille de papier vert n'est pas dépendante de la feuille bleue, à l'instar des deux moitiés d'une pirouette complémentaire, dont une moitié est d'une couleur A et l'autre, qui est blanche, ne réfléchit que de la lumière blanche, dont l'activité sur la rétine se borne aux rayons produisant la complémentaire C de la couleur A.

» Le *contraste mixte* est assurément de tous les contrastes celui qui a été la cause des erreurs les plus fréquentes, par la raison que les effets ont été complexes, et, les effets variant en raison de la complexité des causes que l'on ne démêlait pas, ces effets étaient confus et, dès lors, n'étaient point expliqués. La condition pour qu'un effet fût simple, c'est qu'on connût avant tout que la première surface agissait un premier temps sur la rétine, que l'on trouvait dans un second temps une surface égale en étendue et de forme semblable, et qu'il fallait un second temps, commençant immédiatement après la perception de la couleur A, sensible à la rétine, pour qu'au moment même la rétine fût frappée par la vue d'une lumière B, qui faisait avec la vue de la complémentaire C de A une couleur binaire C + B, lorsque B était une des trois couleurs simples des artistes et des savants : rouge, jaune ou bleue. (Voir les détails dans mon livre *De la loi du contraste simultané des couleurs,* p. 50, § 81, jusqu'aux §§ 118 et 119, relatifs à deux faits qui concernent particulièrement les inconvénients du contraste mixte pour la vente des objets coloriés et les faits cités concernant la vente des étoffes de couleur).

» J'ajouterai que j'ai trouvé les artistes peignant des *panoramas* et des

dioramas bien plus disposés à connaître les contrastes de couleur que les peintres de tableaux proprement dits : je citerai deux artistes, le peintre d'histoire, Membre de l'Institut, M. Hersent, qui, comme je l'ai dit, ne croyait pas au *principe du contraste,* mais exclusivement au *principe du mélange des couleurs;* et Daguerre, que l'instinct, me dit-il aux Gobelins, en voyant les tableaux de mes Leçons du contraste, avait conduit à mettre dans son atelier, pour ses yeux fatigués, une frise de *couleurs crues* destinée à les reposer. A ma demande : « Quelle couleur regardiez-vous quand vos yeux étaient fatigués? il me répondit que l'instinct était son seul guide. Évidemment, la couleur à regarder après la fatigue d'une couleur est la complémentaire de la première. La pirouette complémentaire explique très bien comment les yeux fatigués d'une couleur se délassent à la vue de sa complémentaire. »

ASTRONOMIE. — *Sur une Lettre de M.* Spœrer, *relative à une particularité de la Mécanique solaire*. Note de M. Faye.

« Des Communications récentes ont appelé l'attention de l'Académie sur la constitution physique du Soleil. D'après la théorie de M. le Dr Siemens, des matériaux alimentent le Soleil; ils viendraient par les pôles; ces matériaux et les produits de leur combustion couleraient à la surface du Soleil vers l'équateur et, là, seraient projetés dans l'espace, hors du Soleil, par la force centrifuge due à la rotation de cet astre.

» Il est aisé de s'assurer que la force centrifuge équatoriale est incapable de produire de pareils effets (¹), car cette force est 48000 fois plus petite que la pesanteur sur le Soleil. Si pourtant on persistait à croire que, sous quelque autre influence, des courants superficiels doivent s'établir des pôles à l'équateur, il en résulterait quelque chose pour les accidents de la photosphère, les taches par exemple. Ces taches devraient être entraînées vers l'équateur, surtout celles qui en sont le plus éloignées : leur latitude héliocentrique devrait aller en diminuant avec le temps. La Lettre suivante de M. Spœrer montre ce que l'on doit penser de cette conséquence de l'hypothèse que je viens de rappeler. Je me hâte de dire que le savant observateur de Potsdam n'avait nullement l'idée de contrôler l'hypothèse de

(¹) A moins que la pesanteur vers le centre du Soleil ne soit presque annulée, pour des matériaux réduits à une ténuité excessive, par la force répulsive que le Soleil doit exercer sur eux comme sur ceux qui forment les queues des comètes.

M. Siemens : son but était simplement d'élucider, une fois de plus, un point délicat et capital de la théorie des taches. Voici la traduction de la Lettre :

« Potsdam, le 27 novembre 1882.

» Depuis ma dernière Lettre, j'ai terminé une étude sur le mouvement des taches solaires en latitude. Je l'ai entreprise à l'occasion d'un travail que M. de Rico a publié sur le même sujet dans les *Memorie degli spettroscopisti italiani* de juin 1882.

» M. de Rico trouve, d'après des observations de l'année 1881, que la direction vers l'équateur prédomine pour les taches comprises entre les parallèles de $+15^\circ$ et de -15° de latitude héliocentrique, et que, pour les taches plus éloignées de l'équateur, leur mouvement en latitude est dirigé vers les pôles.

» Carrington avait fait la même remarque, mais il trouvait que ces mouvements étaient trop peu marqués pour que l'on y attachât de l'importance. Pour moi, je ne m'étais pas occupé de cette question, parce qu'il me semblait en effet que ces petits mouvements s'opéraient indifféremment dans l'un ou l'autre sens. Je viens de reprendre, à ce sujet, mes observations des vingt dernières années, de 1861 à 1880, et voici ce que je trouve :

» Les taches ont été partagées en deux groupes :

» 1° Celles qui n'ont été observées que dans une seule rotation;

» 2° Les taches de longue durée qui ont été observées au moins pendant deux rotations. Celles-ci ont l'avantage que les résultats ne sont pas sensiblement affectés par la petite incertitude qui subsiste encore sur la position de l'équateur solaire.

I.

» Dans le Tableau suivant, on a compté à part les taches dont le changement en latitude a été au moins de $0^\circ,4$ pour $n-2$ jours, n étant le nombre d'observations de chaque tache. Le signe $+$ répond aux latitudes croissantes, le signe $-$ aux latitudes décroissantes, le chiffre 0 répond à celles dont le changement a été nul ou moindre que le minimum de $0^\circ,4$.

	Hémisphère nord.			Hémisphère sud.			Sur les deux hémisphères.		
Latitude.	+	0	—	+	0	—	+	0	—
De 0° à 5°.....	2	14	4	4	6	2	6	20	6
De 5° à 10°......	5	34	10	3	22	9	8	56	19
De 10° à 15°.....	4	25	6	9	33	5	13	58	11
De 15° à 20°.....	5	16	5	»	24	8	5	40	13
De 20° à 25°.....	5	10	2	2	11	1	7	21	3
Au-dessus de 25°...	»	8	2	4	10	4	4	18	6

» Si quelque chose de régulier se dégage de ces nombres, c'est un petit excès de mouvement vers l'équateur entre les parallèles de 5° et de 10°, et un petit excès de mouvement vers les pôles entre les parallèles de 20 à 25°.

» La série suivante est un peu plus prononcée.

II.

» Ici on prend pour déplacements minima $0°,4$ en vingt jours et l'on note par les signes + ou — les sens de ces déplacements. Le signe o répond aux taches qui n'ont pas eu de mouvement sensible en latitude pendant vingt jours, ou un mouvement moindre que $0°,4$. La dernière colonne donne le mouvement résultant pour toutes les taches indistinctement, mais compté pour vingt-sept jours.

Latitude.	Hémisphère nord. +	o	—	Hémisphère sud. +	o	—	Sur les deux hémisphères. +	o	—	Variation moyenne pour vingt-sept jours.
										o
De 0° à 5°...	»	1	»	3	5	2	3	6	2	0,0
De 5° à 10°...	2	3	5	2	5	5	4	5	10	—0,28
De 10° à 15°...	3	10	5	6	1	5	9	11	10	—0,04
De 15° à 20°...	5	9	3	1	3	1	6	12	4	+0,19
De 20° à 25°...	7	2	2	1	3	1	8	5	3	+0,63
Au-dessus de 25°.	3	1	»	3	2	»	6	3	»	+0,91
Somme....	20	26	15	16	19	14	36	42	29	

» Les valeurs moyennes de la dernière colonne sont pour la plupart extrêmement petites et ne peuvent avoir quelque portée que par la régularité de leur marche.

» Les nombres eux-mêmes de cette colonne sont incertains; il serait bien inutile d'en donner les erreurs probables, car leur incertitude ressort assez de la comparaison des nombres consignés dans les colonnes voisines.

» Je me propose d'étendre la même étude aux taches des années 1881 et 1882; si elles confirmaient les résultats précédents, j'examinerais les années une à une. »

» Ici se termine la Lettre du Dr Spœrer. On voit que tous les observateurs, depuis Laugier et Carrington jusqu'à M. Spœrer, dont les travaux embrassent un si grand nombre d'années, s'accordent à dire que les déplacements des taches en latitude sont, ou bien nuls, ou insignifiants, et s'ils y démêlent quelque tendance pour les taches éloignées de l'équateur, c'est vers les pôles et non en sens contraire.

» Ce résultat est en contradiction directe avec la théorie à laquelle j'ai fait allusion en commençant. Il est, d'ailleurs, confirmé par tout ce qu'on sait des autres formations superficielles du Soleil, grains de riz, facules, dentelures de la chromosphère, protubérances. Nulle part on n'a rien observé qui atteste de grands courants dirigés des pôles vers l'équateur. C'est, d'ailleurs, une question capitale, indépendamment de toute hypothèse, que de savoir dans quel sens marchent les courants de la photosphère. Aussi ai-je dû l'étudier avec soin avant de proposer moi-même quelques aperçus théoriques sur la constitution physique du Soleil. Pour

cela, je me suis exclusivement attaché à des taches de très longue durée. Cette étude m'a conduit à reconnaître que les taches ne progressent ni vers les pôles ni vers l'équateur : leurs très petits déplacements en latitude sont purement oscillatoires et restent compris entre des limites très étroites.

» Dans la dernière Note, assurément fort remarquable, que M. Siemens nous a adressée en réponse aux objections de M. Hirn, il aborde à fond ces questions. Il croit que l'excès de la vitesse de rotation qu'on constate dans les zones de la photosphère, à mesure qu'elles se rapprochent de l'équateur, est dû à ce que les zones polaires sont ralenties par l'afflux de matériaux venant des pôles et ne possédant originairement aucune rotation. Ce courant polaire donnerait lieu, dit-il, dans la zone intermédiaire, à des tourbillons immenses, les taches.

» C'est justement là l'hypothèse à laquelle s'était arrêté Sir J. Herschel [1], il y a longtemps; et je l'aurais adoptée moi-même, si j'avais pu constater sur le Soleil, par les observations de Laugier et de Carrington, l'existence de courants allant des pôles vers l'équateur. Ce serait, en effet, un phénomène analogue à celui que nous présente notre propre globe sur lequel les courants inférieurs de l'atmosphère marchent vers l'équateur, tandis que les courants supérieurs, que Herschel croyait aussi exister sur le Soleil, marchent de l'équateur aux pôles, entraînant avec eux les tourbillons immenses qui s'y forment, les cyclones.

» Mais ni Laugier, ni Carrington ni moi n'avons rien trouvé de semblable sur le Soleil, et l'on vient de voir que M. Spœrer n'y trouve pas davantage, par ses vingt années d'observations, la moindre trace des grands mouvements du pôle à l'équateur dont M. Siemens a besoin pour sa théorie.

» Si donc un retard dans la rotation superficielle se montre, et la chose est d'ailleurs hors de contestation, à mesure que la zone considérée est plus éloignée de l'équateur, il faut en chercher la cause, non dans un milieu extérieur au Soleil, comme le fait M. Siemens, ni dans un aplatissement inacceptable de son atmosphère, comme le fait Sir J. Herschel, mais dans les mouvements ascendants et descendants qui règnent conti-

---

(1) J. Herschel pensait que l'atmosphère du Soleil doit être aplatie aux pôles (ce qui est erroné); par suite le refroidissement serait là plus rapide qu'à l'équateur. De l'excès de température équatoriale devaient résulter les courants supposés. Jamais Herschel ne s'est occupé d'en vérifier l'existence, autrement il aurait vu bien vite qu'il n'y en a pas la moindre trace.

nuellement dans sa masse interne, qui mettent cette masse à vitesse linéaire de rotation moindre en communication incessante avec la photosphère et qui la font ainsi participer à sa radiation superficielle, tout en évitant l'encroûtement. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Notice sur un nouvel appareil optique, propre à l'étude de la flexion;* par MM. LŒWY et TRESCA.

« M. Lœwy a imaginé, en 1880, un appareil pour la détermination des variations produites, dans la ligne de visée, par suite de la flexion des lunettes pendant leur rotation. Introduit dans le cube central de l'instrument, cet appareil permet de mesurer la flexion des deux extrémités du tube, celle de l'axe de rotation et la forme des tourillons. Il a été employé à l'Observatoire de Paris, sur les deux cercles méridiens principaux, pour la détermination de ces éléments si essentiels dans la pratique de l'Astronomie de haute précision.

» Ces premières applications ont été couronnées d'un plein succès, et elles ont fait naître l'idée d'utiliser un dispositif analogue pour la recherche des coefficients d'élasticité.

» *A priori*, il était évident que ce procédé nouveau d'expérimentation donnerait les résultats les plus satisfaisants, vu la nature beaucoup moins complexe du problème.

» Dans la détermination des constantes instrumentales, nécessaires à la correction des observations astronomiques, il faut trouver plusieurs inconnues, chacune des images produites dans le réticule par l'appareil auxiliaire étant le résultat de la combinaison d'effets multiples; de plus, le mode d'expérimentation est compliqué et la série des opérations à effectuer peut donner lieu à certains mouvements de l'appareil lui-même, mouvements dont il faut tenir compte.

» Quant aux mouvements que peut subir l'appareil par suite de déplacements variés de la lunette, une expérimentation particulière a été imaginée pour en obtenir l'évaluation rigoureuse.

» Dans la nouvelle application, il n'y a, au contraire, à rechercher qu'une inconnue, c'est-à-dire la valeur de la flèche reproduite dans le réticule.

» Voici en quelques mots l'exposé sommaire du principe de l'appareil, qui a été construit par M. Gautier, et de son mode de construction.

» L'appareil se compose de trois parties distinctes qui se placent respectivement au milieu et aux deux extrémités de la barre à expérimenter.

» 1° Du côté où l'observateur doit se placer, un réticule de fils horizontaux, vu par une lentille ordinaire, devant laquelle est ajusté un prisme à réflexion totale, qui, au moyen d'une lumière latérale, éclaire l'axe optique de l'instrument, sans nuire à la netteté des fils du réticule. Cet oculaire est, en outre, muni de fils mobiles destinés à faire les mesures.

» 2° A l'extrémité opposée, un simple porte-objet, sur lequel sont tendus quelques fils horizontaux. Lorsque l'observation porte sur ces fils, une lampe, placée en bout, les éclaire et permet d'en voir nettement les images, produites par la pièce intermédiaire qui complète l'appareil.

» 3° Au milieu, une lentille à surface argentée, mais transparente au centre, et d'un foyer tel qu'elle reproduise, dans le plan du réticule placé devant l'oculaire, soit l'image des fils de ce réticule par réflexion, soit celle des fils de l'autre extrémité par transparence.

» Dans toutes les déterminations que nous avons faites, la barre, munie des trois pièces qui constituent ainsi l'appareil optique, était supportée par quatre galets d'un diamètre de $0^{m},05$. On évite de cette façon toute résistance anormale de la part des appuis, et l'expérience a montré nettement que cette précaution était nécessaire pour que la barre en expérience ne fût pas bridée, d'une manière appréciable, par cette sorte de résistance, jusqu'ici négligée complètement.

» Lorsqu'on veut observer par réflexion, on met un fil mobile en coïncidence avec l'image d'un des fils fixes et on le ramène à cette même coïncidence à chacune des flexions déterminées, dans la barre en expérience, par l'action d'une charge appropriée. La distance ainsi mesurée est le double de l'augmentation de la flèche ; elle en serait la mesure exacte si l'on opérait, de la même façon, entre le fil mobile et sa propre image.

» Pour observer par transparence, il suffit que l'on voie distinctement, par l'oculaire, les déplacements de l'image de l'un des fils du porte-objet, formée au travers de la lentille, par rapport à un même fil fixe de cet oculaire. La distance mesurée dans cette méthode est à très peu près le double de l'abaissement réel du centre optique de la lentille.

» On voit de suite la supériorité du nouvel appareil sur le procédé ordinaire, employé pour la détermination des coefficients d'élasticité.

» Dans le procédé habituel, la disposition de la lunette et de la règle à étudier peut donner naissance à des causes d'erreurs notables. Séparées l'une de l'autre, elles sont toutes deux susceptibles de subir des mouvements

indépendants, qui ne peuvent manquer d'entacher les résultats trouvés de certaines erreurs.

» Dans le nouveau procédé, au contraire, la lentille est fixée sur la règle elle-même, de telle manière qu'elle fait corps avec elle et qu'il n'y a plus à craindre aucun déplacement relatif de l'une par rapport à l'autre.

» Chacune des deux méthodes d'expérimentation, par réflexion ou par transparence, comporte en outre trois modes distincts :

» 1° On opère directement sur la règle, soumise à la seule action de son poids, la lentille étant fixée au-dessus de la règle ; après avoir pointé les images, on retourne cette règle avec les diverses parties de l'appareil et l'on effectue de nouveaux pointés. La différence des lectures donne de cette façon la valeur quadruple de la flèche. La lentille et toutes les portions de l'appareil optique se trouvent alors au-dessous de la règle.

» 2° On suspend la règle par ses deux extrémités et on la charge à son centre au moyen de poids additionnels.

» On pourrait encore, dans certains cas, suspendre la règle par son centre et charger ses extrémités.

» Le retournement de la règle est applicable à ces deux derniers modes d'expérimentation, et l'on peut ainsi arriver à la connaissance de l'inconnue par des moyens mutiples.

» Il serait assez difficile de réaliser dans la construction toutes les conditions auxquelles doivent satisfaire la lentille et ses foyers, avec une complète précision, et il est, en tous cas, nécessaire de déterminer par des observations directes les éléments numériques de la réalisation de ces conditions.

» Dans l'appareil construit, la vis micrométrique à l'aide de laquelle s'opère le déplacement du fil mobile a un pas de $0^{mm},217$, et, son tambour étant divisé en 95 parties seulement, chacune des divisions représente un déplacement de $0^{mm},217 : 95 = 0^{mm},002284$, ou à peu près une demi-seconde.

» Nous verrons que les observations se font facilement avec l'exactitude d'une demi-partie, soit à $\frac{1}{1000}$ de millimètre près, et même en deçà, s'il était nécessaire.

» Avant de se servir de l'instrument pour des mesures définitives, on prendra donc soin de déterminer le rapport entre deux séries de données obtenues par réflexion et par transparence, en substituant successivement aux fils fixes de l'oculaire et du porte-objet une même division sur verre, dont l'observation servira à établir la correspondance numérique entre les deux séries de mesures.

» Le rapport ainsi obtenu entre les observations par transparence et les observations par réflexion est 1,027. Il résulte de là que les observations par transparence donneront des chiffres qui devront être dans le rapport de 2,027 avec ceux qui auront été obtenus par réflexion. Mais il n'en serait plus ainsi si, par suite d'un défaut de symétrie dans le placement de la charge, ou d'un défaut d'homogénéité de la matière de la barre en expérience, le miroir venait à prendre, pendant la déformation de cette barre, une position inclinée par rapport au plan vertical dans lequel il se trouvait à l'origine. Cette inclinaison, en ce qui concerne la réfraction, ne modifierait pas les indications données par ce procédé, qui resteront toujours les plus certaines; les autres seraient au contraire affectées par l'inclinaison de la surface réfléchissante.

» Pour nous mettre à l'abri de cet inconvénient, lors de l'essai de la dernière barre en cuivre rouge, dont le mode de fabrication était pour nous un sûr garant de sa parfaite homogénéité, nous avons opéré de la manière suivante pour fixer le plus exactement possible la vraie position de l'axe de suspension de la charge. En un certain point qui nous paraissait être sensiblement au milieu de la pièce, une charge de $2^{kg},50$ fournissait par réflexion une lecture moyenne de $14^{div},84$; en rapprochant cette charge de 20^{mm} du côté de l'oculaire, nous avons trouvé $0^{div},62$ et en l'éloignant ensuite, en sens contraire, de 20^{mm} de la position primitive, elle nous a donné une valeur de $33^{div},64$.

» Ainsi un déplacement total de 40^{mm} avait déterminé, par suite du défaut de symétrie de la position de la charge, un déplacement du miroir correspondant à une différence totale de lecture de

$$33^{div},64 - 0^{div},62 = 33^{div},02,$$

ce qui correspond à une déviation de $0^{div},825$ par millimètre de déplacement de la charge.

» D'un autre côté, les deux déviations partielles

$$14,84 - 0,62 = 14,22 \quad \text{et} \quad 33,64 - 14,84 = 18,80$$

n'étant pas égales entre elles, nous avons dû en conclure que la position primitive n'était qu'approximative et qu'il convenait de la reculer d'environ 3^{mm} pour ramener le miroir dans la véritable position moyenne.

» C'est dans cette condition que les expériences ont été faites et elles ont alors fourni, pour cette même charge de $2^{kg},500$, pour la mesure du

grossissement, un rapport

$$\frac{7^{t}27^{div},37}{3^{t}56^{div},05} = \frac{692^{div},37}{341^{div},05} = 2,030,$$

chiffre pour ainsi dire identique avec celui qui résulte de la mesure préalable de ce grossissement.

» La barre sur laquelle nous avons opéré avait été passée à la filière et présentait exactement la section adoptée pour le mètre international, section dont le moment d'inertie $I = 5213 \times 10^{-12}$.

» La flèche observée sous une charge de $2^{kg},50$ est mesurée par

$$\frac{692,37}{2,030} = 341^{div},07 \quad \text{ou} \quad 341,07 \times 0^{mm},002284 = 0^{mm},779;$$

la valeur du coefficient d'élasticité se trouve donnée par la formule

$$E = \frac{PC^3}{3fI} = \frac{1^{kg},25 \times \overline{0^{m},50}^{3}}{3 \times 779 \times 10^{-6} \times 5213 \times 10^{-12}} = 12,825 \times 10^{9}.$$

» De nombreuses expériences antérieures ayant démontré que les flèches sont, dans ces limites, très exactement proportionnelles aux charges, il n'a pas paru nécessaire d'opérer, sur cette barre, avec des charges différentes.

» Une barre de platine iridié, préparée avec le métal fondu au Conservatoire le 15 mars 1873, a fourni, dans l'ensemble des observations faites par transparence et par kilogramme de charge, une flèche de

$$78^{div},98 \text{ ou } 78^{div},98 \times 0^{mm},002284 = 0^{mm},18039.$$

» Le moment d'inertie étant le même que précédemment, on a

$$E = \frac{0^{kg},50 \times \overline{0,50}^{3}}{3 \times 18039 \times 10^{-8} \times 5213 \times 10^{-12}} = 22,120 \times 10^{9}.$$

» Ce chiffre, conforme à ceux qui avaient été obtenus précédemment par d'autres méthodes, est un peu supérieur à celui de l'acier, comme nous l'avions fait remarquer précédemment, mais il est certainement obtenu d'une manière plus précise.

» Cette détermination est celle pour laquelle la charge, placée sans étude préalable, s'est trouvée le plus éloignée de sa position vraie, mais l'ensemble des mesures faites dans les observations par réflexion donne une moyenne de $77^{div},64$, qui ne diffère encore que bien peu de 78,98.

» Une autre barre en platine iridié plus pur, de la fabrication de M. Matthey, de Londres, a donné par transparence une flèche un peu moindre, $76^{div},88$, qui conduira cependant, par suite de l'augmentation de la section transversale, à un coefficient d'élasticité un peu plus faible.

» Pour cette barre, on obtient

$$E = \frac{0,5 \times \overline{0,50}^3}{3 \times 175594 \times 10^{-9} \times 5864 \times 10^{-12}} = 20,236 \times 10^9.$$

» Ce chiffre est encore très satisfaisant et la différence qu'il présente par rapport au précédent doit être attribuée sans doute à ce que la première barre, après avoir été écrouie dans ses nombreux passages à la filière, suivis chacun d'un recuit, a profité, dans sa cohésion, d'une amélioration notable qui s'est maintenue, même après le recuit final, prolongé pendant plus de douze heures, à la température rouge d'un four industriel.

» Dans la dernière détermination, les charges avaient été placées d'une manière à fort peu près rigoureuse, car l'ensemble des observations faites par réflexion donne, pour la flèche observée, une moyenne de $76^{div},21$ au lieu de 76,88.

» Le procédé qui vient d'être décrit est particulièrement applicable à la détermination des premières flèches, dont la valeur était, par les autres procédés, plus ou moins affectée des petits tassements qui pouvaient se produire sur les appuis, ne fût-ce que par suite de l'écrasement de certaines poussières. Aussi avons-nous reconnu que ces flèches, même les plus minimes, restent proportionnelles aux charges avec une grande régularité Il y aurait un réel intérêt à obtenir, avec les caractères de précision que comporte la nouvelle méthode, une série de déterminations sur les principales matières d'un usage courant.

» Ce mode de détermination est d'ailleurs le seul qui se prête, comme nous l'avons dit déjà, à la mesure directe de la flèche produite par le poids de la barre elle-même, qu'il suffit de retourner avec son attirail pour obtenir, par différence, la mesure totale des deux flèches partielles ainsi produites en sens inverses.

» La règle étant munie de l'appareil optique et reposant sur ses supports pourrait d'ailleurs, au moyen d'une touche, servir comme micromètre, pour la mesure des petites épaisseurs ou pour l'exploration de surfaces de grandes dimensions; nous apercevons même comment elle pourrait être employée à construire des centimètres et des millimètres étalons,

sans qu'il soit besoin de recourir à aucun diviseur mécanique [1].

» En résumé, l'usage de ce mode de mesure comporte trois avantages principaux :

» 1° Les résultats obtenus par des méthodes différentes, venant se contrôler les uns les autres, donnent aux conclusions une haute rigueur.

» 2° La disposition de l'appareil et de la règle permet d'éviter toute erreur systématique.

» 3° Les valeurs obtenues pouvant être rendues égales au quadruple de flèche cherchée, les erreurs accidentelles n'exercent qu'une très faible influence. La recherche de l'inconnue acquiert une grande précision et la sensibilité de l'appareil est telle que l'addition d'un seul gramme au poids de la règle produit un effet facilement mesurable. »

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Sur le rouget, ou mal rouge des porcs.* Extrait d'une Lettre de M. **Pasteur** à M. Dumas.

« Bollène (Vaucluse), ce 2 décembre 1882.

» En mon nom et au nom de l'un de mes collaborateurs, M. Thuillier, qui m'a accompagné à Bollène, j'ai l'honneur de vous communiquer brièvement quelques résultats nouveaux concernant une désastreuse maladie des porcs.

» On évalue à plus de vingt mille le nombre des animaux morts, cette année, du mal rouge dans les porcheries des départements de la vallée du Rhône.

» Nos recherches se résument dans les propositions suivantes :

» I. Le mal rouge des porcs est produit par un microbe spécial, facilement cultivable en dehors du corps des animaux. Il est si ténu qu'il peut échapper à une observation même très attentive. C'est du microbe du choléra des poules qu'il se rapproche le plus. Sa forme est encore celle d'un 8 de chiffre, mais plus fin, moins visible que celui du choléra. Il diffère essentiellement de ce dernier par ses propriétés physiologiques. Sans action sur les poules, il tue les lapins et les moutons.

» II. Inoculé à l'état de pureté au porc, à des doses, pour ainsi dire, inappréciables, il amène promptement la maladie et la mort avec leurs caractères habituels dans les cas *spontanés*. Il est surtout mortel pour la race blanche, dite perfectionnée, la plus recherchée par les cultivateurs.

» III. Le Dr Klein a publié à Londres, en 1878, un travail étendu sur le rouget, qu'il appelle *pneumo-entérite du porc*; mais cet auteur s'est entiè-

---

(1) M. Cornu, avec son levier à réflexion (*Journal de Physique*, t. IV), a indiqué indirectement, en 1874, la solution expérimentale d'un problème du même genre.

rement trompé sur la nature et les propriétés du parasite. Il a décrit comme microbe du mal rouge un bacille à spores, plus volumineux même que la bactéridie du charbon. Très différent du vrai microbe du rouget, le bacille du D[r] Klein n'a, en outre, aucune relation avec l'étiologie de cette maladie.

» IV. Après nous être assurés par des épreuves directes que la maladie ne récidive pas, nous avons réussi à l'inoculer sous une forme bénigne, et l'animal s'est montré alors réfractaire à la maladie mortelle.

» V. Quoique nous jugions que des expériences nouvelles et de contrôle soient encore nécessaires, nous avons, dès à présent, la confiance que, à dater du printemps prochain, la vaccination par le microbe virulent du rouget, atténué, deviendra la sauvegarde des porcheries.

» M. A. Loir, aide-préparateur au laboratoire que je dirige, nous a assistés dans nos expériences; mais ce qui nous a été particulièrement précieux, c'est l'obligeance de M. Maucuer, vétérinaire distingué de Bollène, qui s'est mis à notre disposition avec un zèle sans borne, dont je suis heureux de le remercier publiquement. M. Maucuer est la première personne qui, dès l'année 1877, a appelé mon attention sur le mal rouge des porcs, en insistant sur le danger d'une affection capable de tarir une des dernières ressources de l'agriculture dans le département où il exerce l'art vétérinaire. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Recherches sur la présence de l'acide nitrique et de l'ammoniaque dans les eaux et la neige, recueillies dans les glaciers des Alpes par M. Civiale.* Note de M. **Boussingault**.

« Je remets à l'Académie, ainsi que je m'y étais engagé dans une des dernières séances, les résultats des examens des eaux de pluie et de neige recueillies par M. Civiale, pendant ses belles études sur l'orographie et la géologie des Alpes. Deux Rapports adressés à MM. les Ministres de la Guerre et de l'Instruction publique en ont signalé l'importance; mais je dois faire remarquer que, en donnant les moyens de soumettre à l'analyse les eaux alpines, M. Civiale a permis de constater des faits intéressants rattachés à l'histoire de l'atmosphère.

» En effet, les météores aqueux des hautes régions sont le véhicule de principes qui peuvent être tenus en diffusion ou en suspension dans l'air; tels sont, pour citer un exemple, l'ammoniaque, l'acide nitrique, les nitrates et les nitrites. Or, entre l'année 1859 et l'année 1865, le savant explorateur des Alpes a remis au Conservatoire des échantillons d'eau pris, dans les glaciers, à diverses altitudes.

» Voici le résultat des analyses que j'ai eu l'occasion de publier dans mon *Cours de Météorologie agricole :*

Année 1859.

» *Grand Saint-Bernard.* — L'eau de pluie et l'eau provenant de la fusion de la neige ont été recueillies sur le col de la montagne, et dans le lac près de l'hospice, à l'altitude de 2600^{m}.

Dans un litre dosé.	Acide nitrique.	Ammoniaque.
	mgr	mgr
Pluie	0,30	1,10
Neige...............	0,05	traces
Eau du lac...........	0,00	0,11

» *Neige du Velan,* altitude 3760^{m}, frontière de la Suisse et de l'Italie. — Gneiss, micaschiste.

» Dans 1^{lit} d'eau de neige : acide nitrique, $0^{mgr},00$; ammoniaque, $0^{mgr},10$.

Année 1860.

» *Mer de glace,* au-dessus de la source de l'Arveiron, altitude 1350^{m}, à l'est de l'Aiguille de Grépont, près Chamounix, massif du Mont-Blanc. — Schiste talqueux.

» Dans 1^{lit} d'eau de neige : acide nitrique, $0^{mgr},26$; ammoniaque, $0^{mgr},13$.

Année 1861.

» *Glacier de Gorner,* au Nord du Breithorn. Altitude 2400^{m}. La glace du Gorner descend de la Cima di Yazzi dans la vallée de Zermatt, canton du Valais. — Gneiss, serpentine.

» Dans 1^{lit} d'eau de neige : acide nitrique, $0^{mgr},00$; ammoniaque, $0^{mgr},00$.

Année 1862.

» *Aletsch.*—C'est un des glaciers les plus grands de la Suisse; sa longueur est de 26^{km}, il vient de la mer de glace, au sud de la Jungfrau; l'eau a été prise aux pieds du Eygischhorn, à une altitude de 2200^{m}.

» Dans 1^{lit} d'eau : acide nitrique, indice; ammoniaque, indice.

Année 1863.

» *Glacier de Kaltenwasser.* — S'étend au-dessous des pointes du Monte-Leone, dont la plus élevée atteint 3565^{m}. — Gneiss et micaschiste.

» Dans 1^{lit} d'eau : acide nitrique, $0^{mgr},00$; ammoniaque, $0^{mgr},00$.

Année 1865.

» *Glacier de Palu,* dominé par le pic Palu dont l'altitude est de 3900^{m}; il fait partie du massif de Bernina, dans le canton des Grisons, — Gneiss et protogyne. — La neige a été prise à 3000^{m} d'altitude.

» Dans 1^{lit} d'eau : acide nitrique, $0^{mgr},00$; ammoniaque, $0^{mgr},00$.

Année 1866.

» *Cirque Comboë,* situé à 23^{km} d'Aost. — Altitude, 2100^{m}, dominé par le pic de Carel, d'une hauteur de 3150^{m}. — Quartzite, schistes verts.

» Au moment où l'on prenait la neige, le temps était orageux, le papier ozonométrique fortement teinté, et un orage violent éclatait.

» L'eau provenant de la neige fut mise dans des flacons rincés à plusieurs reprises avec l'eau qu'on devait expédier, ainsi que le pratiquait toujours M. Civiale; si l'on rappelle cette précaution, c'est parce que l'eau du cirque de Comboë, quand on l'a reçue au Conservatoire des Arts et Métiers, rougissait sensiblement le tournesol; cette réaction se manifesta dans l'eau contenue dans un autre flacon. C'est la seule fois qu'on observa une réaction acide dans les eaux envoyées des Alpes par M. Civiale.

» Dans 1^{lit} d'eau : acide nitrique, $0^{mgr},66$; ammoniaque, $0^{mgr},30$.

» *Lac Seven.* — Dans 1^{lit} d'eau : acide nitrique, $0^{mgr},04$; ammoniaque, $0^{mgr},03$.

» Dans un Mémoire sur la météorologie équatoriale, j'établirai que, depuis le niveau de la mer jusqu'à la plus grande altitude, les orages producteurs de grêle se manifestent, dans certaines localités, à des intervalles plus ou moins éloignés, et je montrerai la différence dans l'intensité de l'état électrique de l'atmosphère, constatée par Mariano de Rivero dans l'hémisphère austral, et par moi dans l'hémisphère boréal; état électrique ayant probablement un effet sur l'apparition des composés nitrés dans l'air et même dans le sol.

» Je terminerai en rappelant un fait prouvant la grande hauteur à laquelle apparaît la grêle dans les montagnes. Dans la province de Riobamba, le colonel Hall et moi, nous avons été assaillis et maltraités par des grêlons, d'un diamètre d'environ $0^{m},01$, alors que nous nous trouvions dans un nuage orageux à la hauteur de 5900^{m} au-dessus de la mer.

» J'ajouterai que les observations faites par M. Aguirre, pendant une année, sur le plateau du Vossanan de l'Antisana, élevé de 5870^{m}, les instruments étant installés dans la métairie, altitude 4100^{m}, ont constaté : 10 jours de neige, 10 jours de grésil, 122 jours de pluie. On a entendu dix-sept fois le tonnerre à Bogotà, altitude 2600^{m}; il grêle six à sept fois par an à Quito, altitude 2900^{m}; on a enregistré, dans une année, 8 orages accompagnés de grêle. »

BOTANIQUE. — *Ordre d'apparition des premiers vaisseaux dans les feuilles de Crucifères. Démonstration de la ramification franchement basipète dans ces feuilles;* par M. A. Trécul.

« N'est-il pas bien surprenant, pour qui connaît les faits, qu'en 1882, après les travaux exécutés, il soit nécessaire de défendre la *formation basipète,* que présentent un si grand nombre de feuilles?

» J'ai déjà combattu l'opinion qui veut que toujours, dans les feuilles et dans les tiges, la ramification s'opère *en direction acropète*. J'ai donné bon nombre d'exemples contraires à cette prétendue loi générale. Les feuilles des Crucifères, si diverses de forme, en fournissent de très variés.

» Toutes les feuilles dentées ou lobées, que je citerai, sauf deux, ont un caractère commun, bien tranché : c'est que leurs dents ou leurs lobes primaires se forment de haut en bas. Le développement général de ces feuilles est donc basipète. Pourtant certaines d'entre elles ayant 2 à 6 ordres ou générations de lobules ou de dents, et ces lobules ou ces dents n'étant pas toujours produits en direction basipète, mais quelquefois de bas en haut des lobes primaires, et parfois en même temps dans les deux sens, il en résulte des types de *formation mixte*.

» A cause de l'accroissement prédominant de la partie supérieure des jeunes feuilles, qui est attesté par l'apparition basipète des poils, dans la presque totalité des plantes de cette famille que j'ai examinées, on devrait s'attendre à trouver d'ordinaire le premier vaisseau dans la région supérieure de la feuille. Cela arrive quelquefois, mais ce n'est pas le cas le plus fréquent. J'ai plusieurs fois observé le début du premier vaisseau dans la région supérieure de la nervure médiane (*Lunaria biennis, Iberis pectinata, Crambe maritima, Erucastrum obtusangulum, Sisymbrium hirsutum*). D'autres fois, c'est dans la région moyenne que s'est montré le premier vaisseau (*Iberis pectinata, Lunaria biennis*, etc.). Souvent aussi il débute en même temps aux deux extrémités de la feuille : un court vaisseau naît vers le haut et un autre à la base. Ce dernier, souvent un peu plus long que l'autre, peut se montrer d'abord dans l'axe, sous la feuille, ou être engagé déjà dans la base de celle-ci (*Lunaria biennis, Aubrietia macrostyla, Hesperis matronalis*). Il est aisé de trouver en ce moment de ces divers exemples dans les bourgeons axillaires des *Lunaria biennis, Iberis pectinata, Aubrietia macrostyla*.

» Mais le plus souvent, le premier vaisseau de la feuille apparaît à la base; il a alors ordinairement commencé dans l'axe. Si ce sont les premières feuilles d'un bourgeon axillaire que l'on étudie, le premier vaisseau peut être engagé à la fois dans l'axe du bourgeon et dans la tige mère ou rameau qui le porte. Ce vaisseau monte ensuite dans la feuille et descend dans l'axe (*Iberis saxatilis, Forestieri, Isatis tinctoria, Arabis albida, alpina, Lepidium affine, latifolium, Sisymbrium acutangulum, Raphanus niger, Brassica oler. capitata, oler. acephala* lacinié).

» Quand le premier vaisseau s'est étendu dans toute la longueur de la

nervure médiane, celle-ci se comporte diversement. Dans les feuilles *à développement franchement basipète,* les premiers rameaux vasculaires sont produits près du sommet. Dans certaines feuilles *à formation mixte,* les premiers rameaux sont formés plus bas dans la région moyenne de la feuille, avec ou sans vaisseaux latéraux basilaires.

» Voyons d'abord des feuilles du type franchement basipète. De ce nombre sont les feuilles entières des *Iberis saxatilis, sempervirens, Cheiranthus Cheiri, Isatis tinctoria,* les feuilles dentées des *Aubrietia macrostyla, Arabis albida, Hesperis matronalis, Sisymbrium elatum,* les feuilles pinnatifides des *Iberis pectinata, Forestieri, Hutchinsia alpina, petræa, Arabis arenosa,* etc.

» Dans ces plantes les premiers vaisseaux du sommet, qu'il y en ait un seul dans toute la longueur de la nervure médiane, ou que le premier vaisseau soit doublé par en bas d'un ou deux autres, se comportent de deux manières. Suivant le premier mode, par le développement de quelques cellules vasculaires, il se forme à ce sommet d'ordinaire un renflement plus ou moins prononcé; puis il part de chaque côté un vaisseau ou un fascicule qui s'allonge de haut en bas, en formant une courbe parallèle au bord de la feuille (*Aubrietia macrostyla, Arabis albida, arenosa,* etc.). Arrivé à une certaine longueur, ce vaisseau ou fascicule s'incurve vers la nervure médiane et va s'unir à elle; tandis qu'un rameau peut le continuer parallèlement au bord et gagner aussi la nervure médiane un peu au-dessous de la base du lobe terminal. Suivant le deuxième mode, il naît, un peu au-dessous du sommet de la nervure médiane, quelques courts rameaux vasculaires courbes, qui se dressent vers le haut et forment, en se rapprochant plus ou moins, l'apicule vasculaire (*Iberis saxatilis, Isatis tinctoria,* etc.). Ces deux modes n'ont rien d'absolu : il y a entre eux des états intermédiaires. C'est aussi d'après ces deux modes que se constitue l'apicule vasculaire des lobes latéraux et des dents [1].

» Les nervures latérales primaires plus bas placées se succèdent ensuite de haut en bas, de sorte que, de ces nervures principales, ce sont toujours les inférieures qui produisent leurs vaisseaux les dernières.

---

[1] Je dirai tout de suite, pour n'avoir pas à y revenir dans ce court résumé, que, relativement à leur insertion, les dents présentent deux états : ou leur premier vaisseau ou fascicule médian est dans la prolongation d'une nervure primaire ou secondaire (*Brassica, Crambe,* etc.), ou bien il est inséré sur la courbe d'une maille primaire, secondaire ou tertiaire (*Lunaria biennis, Hesperis matronalis, Sisymbrium elatum, Isatis tinctoria,* etc.).

» *Feuilles entières ou dentées.* — Divers aspects sont à noter dans le développement de ces vaisseaux latéraux. Ils naissent fort souvent au contact de la nervure médiane, se courbent en montant obliquement et dirigent leur pointe vers la nervure placée au-dessus, qu'ils rejoignent d'ordinaire; mais parfois, avant de l'atteindre, le vaisseau fait un angle vers l'extérieur et entre dans une dent; d'autres fois il monte en serpentant entre la nervure précédente et le bord de la feuille, et y commence par ses sinus le côté externe de mailles secondaires. Cependant, assez fréquemment aussi, dans l'*Iberis saxatilis* par exemple, il part du vaisseau d'une telle nervure ascendante une branche vasculaire qui se dirige par en bas, et va au-devant du vaisseau qui monte dans la nervure placée au-dessous.

» Ces vaisseaux des nervures latérales principales, obliquement ascendantes, ne débutent pas toujours au contact de la nervure médiane; ils peuvent naître loin d'elle, et sont alors libres par les deux bouts; ils rejoignent ensuite par en haut la nervure placée au-dessus, par en bas la nervure médiane (¹).

» L'apparition des vaisseaux se fait ainsi de haut en bas, d'abord dans les nervures latérales primaires supérieures, ensuite dans les plus bas placées; mais dans la partie inférieure de la feuille, surtout si elle est pétiolaire, ils s'allongent davantage plus ou moins parallèlement à la nervure médiane, sur laquelle les derniers s'insèrent, tantôt au-dessus de la base de la feuille (*Iberis saxatilis*, *Aubrietia macrostyla*, *Arabis albida*, *alpina*, etc.), tantôt au-dessous de cette base (*Hesperis matronalis*, *Sisymbrium elatum*).

» Il n'est pas rare de trouver, dans ces nervures inférieures de jeunes feuilles, les vaisseaux fixés par en haut aux précédents, encore libres par leur extrémité inférieure.

» Pendant que les nervures primaires produisent leurs vaisseaux, et donnent ainsi des mailles de premier ordre, des mailles de deuxième, de troisième ordre, etc., se multiplient à l'intérieur et en dehors des premières, d'abord dans la région supérieure de la feuille et ensuite de haut en bas. Au bas de la feuille, dans le pétiole, les faisceaux les derniers formés donnent des mailles plus allongées que celles d'en haut et aussi

---

(¹) Dans l'*Hesperis matronalis*, j'ai trouvé plus souvent qu'ailleurs les vaisseaux latéraux naissant loin de la nervure médiane. Il n'y avait quelquefois de chaque côté du long acumen de la jeune feuille qu'un long vaisseau sinueux, qui un peu plus tard est relié çà et là à la nervure médiane par des vaisseaux obliques. Dans la lame les premiers vaisseaux des nervures principales débutent souvent libres aussi, loin de la nervure médiane.

moins nombreuses. Enfin, en bas du pétiole, où les derniers faisceaux primaires s'insèrent sur la nervure médiane, les faisceaux secondaires et tertiaires inférieurs terminent le système vasculaire latéral en faisant des anses allongées ou des angles, que prolonge encore parfois un vaisseau unique, libre par son extrémité inférieure (*Aubrietia macrostyla, Arabis albida, alpina, Iberis saxatilis*, etc.).

La feuille de l'*Isatis tinctoria* mérite une mention spéciale. Les nervures latérales primaires supérieures sont d'abord produites et insérées sur la nervure médiane. Celles qui naissent ensuite plus bas de chaque côté sont portées sur un long faisceau latéral, dont le premier vaisseau naît libre par les deux bouts. D'abord à peu près parallèle à la nervure médiane, il s'allonge : par en bas il va s'insérer sur le prolongement de la nervure médiane, au-dessous de l'insertion de la feuille; par en haut il s'infléchit vers le bord parallèlement à la dernière des nervures latérales insérées sur la médiane, et finalement se relie à cette nervure latérale par son extrémité supérieure.

» C'est sur cette longue nervure longitudinale que s'insèrent de la manière suivante les nervures pennées subséquentes. Près du haut de cette nervure naissent d'abord les nervures pennées de la région moyenne de la feuille; en bas de cette première nervure latérale, il en naît une deuxième plus faible, qui lui est parallèle et qui s'insère sur sa base; elle reçoit les nervures pennées plus bas placées. Une troisième nervure longitudinale, plus grêle encore et plus courte, et insérée sur la deuxième, porte les nervules de la bande parenchymateuse marginale d'en bas. C'est de ces faisceaux inférieurs et du troisième latéral que partent les vaisseaux qui descendent dans les oreillettes du bas de la feuille ([1]).

» *Feuilles pinnatifides.* — Les feuilles de l'*Iberis pectinata* ont cinq, six ou sept lobes de chaque côté, parfois quatre, trois ou deux. Tous ces lobes, nés de haut en bas, obtiennent leur premier vaisseau médian successivement, suivant leur ordre de naissance. Il est souvent libre au début, et va s'insérer sur la nervure médiane du rachis. Assez souvent aussi un vaisseau né sur celle-ci va au-devant de celui qui descend. Pendant que les

---

([1]) Dans une jeune feuille (de 9^{mm} par ex.) le sommet du premier latéral longitudinal se trouve vers le milieu de la hauteur de la feuille. Après l'accroissement il est placé dans la région supérieure de cette feuille. — Un faisceau s'interpose à la nervure médiane et au premier faisceau latéral longitudinal, dans une feuille de deux à trois centimètres, et les relie çà et là par des ramules obliques.

lobes d'en bas produisent leur premier vaisseau médian, des vaisseaux latéraux surgissent dans les lobes d'en haut. Ces vaisseaux secondaires ont d'ordinaire leur pointe dirigée par en bas. Allant rejoindre le médian, ils décrivent ainsi les premières mailles. Des rameaux multiplient ces mailles. Vers cette époque, les vaisseaux des lobes superposés sont reliés par un vaisseau vertical qui, dans le rachis, part de la nervure médiane d'un lobe donné, va rejoindre celle du lobe placé au-dessus ou ses vaisseaux du côté correspondant. Ce n'est qu'après que ces premiers vaisseaux sont nés qu'apparaissent ceux des nervures latérales du pétiole. Ils commencent parfois par des fragments isolés, destinés à des mailles du haut de pétiole. Ou bien il naît, tout d'abord libre, un premier vaisseau latéral longitudinal dans la région moyenne pétiolaire; il va par en haut se relier à la fois à la nervure médiane et à la nervure latérale du lobe inférieur; par en bas il va s'insérer sur la base de la nervure médiane du rachis. En janvier, j'ai trouvé ce premier latéral de chaque côté débutant en bas et au contact de cette nervure médiane; il était alors ascendant. Le premier vaisseau d'une autre nervure latérale longitudinale plus externe, insérée sur le bas de la précédente, naît ensuite. Enfin, le réseau vasculaire se complète peu à peu, de haut en bas.

» Les feuilles de l'*Hutchinsia petræa* présentent deux modifications intéressantes, suivant leur position sur la tige. Celles de la région inférieure ont le faisceau médian de toutes leurs pinnules (qui sont souvent au nombre de huit ou neuf de chaque côté) inséré sur la nervure médiane du rachis. Au contraire, dans la région supérieure de la tige (oct. et nov.), les pinnules de chaque feuille ont deux modes d'insertion. Les pinnules supérieures (quatre ou cinq de chaque côté) ont leur nervure médiane insérée sur celle du rachis, tandis que les pinnules inférieures sont insérées sur un faisceau latéral longitudinal parallèle à la nervure médiane du rachis, sur laquelle il s'insère lui-même au bas du pétiole. Dans des feuilles plus élevées encore sur la tige, un deuxième faisceau latéral longitudinal plus externe, qui s'insère sur la base du premier ou un peu plus haut, porte les pinnules les plus bas placées.

» Il faut noter que sur la tige, à la limite de ces deux modifications des feuilles, on trouve toutes les transitions possibles de l'une à l'autre.

» Dans cette plante encore, toutes les pinnules et leur vaisseau médian naissent successivement de haut en bas. Il arrive parfois que, dans les feuilles dont toutes les pinnules insèrent leur premier vaisseau sur la nervure médiane du rachis, la pinnule inférieure de chaque côté, au lieu d'in-

sérer sa nervure médiane près de sa propre base, va l'insérer tout au bas du pétiole. On a alors l'image d'un faisceau latéral longitudinal ne portant qu'une pinnule. Or, cette pinnule et son premier vaisseau sont nés après toutes les pinnules placées plus haut. Il en est de même pour les faisceaux latéraux longitudinaux, qui portent la nervure médiane de 2, 3 ou 4 pinnules; ils sont nés après les vaisseaux médians de toutes les pinnules qui sont situées plus haut et insérées sur la nervure médiane du rachis.

» Les feuilles les plus divisées de l'*Arabis arenosa* ont aussi un grand intérêt à cause du nombre de leurs lobes, qui est souvent de 10 à 13 de chaque côté. Comme dans la plante précédente, les lobes supérieurs insèrent leur faisceau médian sur la nervure médiane de la feuille, les lobes inférieurs sur un faisceau latéral longitudinal ou sur deux. Le premier de ces faisceaux latéraux est fixé sur le bas de la nervure médiane du rachis, le deuxième s'insère sur le bas du premier (¹).

» Dans certaines feuilles, il y a de chaque côté cinq, six, sept ou huit lobes supérieurs pourvus de leur vaisseau médian avant qu'aucune trace de vaisseau se manifeste dans les faisceaux latéraux longitudinaux, ou, du moins, le premier vaisseau du premier latéral n'apparaît d'ordinaire que quand le premier vaisseau des derniers lobes supérieurs (les plus bas placés) a débuté sous forme d'un fragment vasculaire libre par les deux bouts, ou d'un fragment vasculaire inséré sur la nervure médiane du rachis.

» Le premier vaisseau du premier faisceau latéral longitudinal peut être trouvé libre par les deux bouts, et parfois le bout supérieur est vu entrant dans un des lobes dont il doit porter le faisceau médian, tandis que l'autre bout descend libre vers le bas du pétiole. Le deuxième faisceau latéral longitudinal ne naît souvent qu'après que le premier a reçu l'insertion du premier vaisseau des lobes qui lui correspondent. J'ai quelquefois trouvé aussi ce deuxième latéral libre par en bas, tandis que par en haut il s'introduisait dans un lobe, ou même communiquait déjà avec deux. Ce n'est que plus tard qu'il se relie par en bas au premier latéral longitudinal.

» On voit qu'ici tout est contraire à la théorie de la ramification en direction acropète, puisque celle-ci suppose les rameaux inférieurs toujours nés les premiers. »

(¹) Je néglige, dans ma description abrégée, les fascicules qui, plus tard, relient entre eux les différents faisceaux.

PALÉONTOLOGIE. — *Les enchaînements du monde animal dans les temps primaires.* Note de M. A. Gaudry.

« Il y a vingt-huit ans, l'Académie a bien voulu me charger d'entreprendre des fouilles à Pikermi. Comme ces fouilles ont duré longtemps et ont été faites sur une vaste échelle, elles m'ont procuré des échantillons assez nombreux pour permettre d'établir des comparaisons minutieuses entre les espèces fossiles et vivantes; ces comparaisons m'ont révélé les enchaînements de formes qui, au premier abord, avaient semblé des entités distinctes.

» Après avoir achevé mes travaux sur la Grèce, j'ai cru intéressant de vérifier si les remarques faites à Pikermi trouveraient une confirmation dans une étude plus générale des mammifères fossiles, et j'ai publié un livre sur *les enchaînements des mammifères tertiaires.*

» Aujourd'hui j'ai l'honneur de communiquer à l'Académie le commencement d'un travail qui doit embrasser l'ensemble du monde animal dans tous les âges passés. D'après le peu que nous savons déjà, nous ne pouvons guère douter qu'un plan a dominé la création des êtres organisés; il n'est peut-être pas sans utilité de signaler les observations qui jettent quelque lumière sur ce plan encore mystérieux.

» La première Partie de mon Ouvrage comprend l'examen des animaux primaires; je traite tour à tour des foraminifères, des polypes, des échinodermes, des brachiopodes, des mollusques, des articulés, des poissons et des reptiles; ces études sont accompagnées de nombreuses gravures qui ont été faites par un habile artiste du Muséum, M. Formant; comme spécimen de ces gravures, je mets sous les yeux de l'Académie les figures de mon Chapitre des reptiles.

» Les foraminifères primaires ressemblent singulièrement aux foraminifères actuels. Plusieurs de leurs genres se sont continués depuis les temps carbonifères jusqu'à nos jours. Non seulement leurs espèces passent les unes aux autres, mais on a de la peine à établir des démarcations entre les familles, soit qu'on prenne la texture, soit qu'on prenne le mode de groupement comme base de classification.

» Il est arrivé pour les polypes la même chose que pour les foraminifères; autrefois on les classait d'après leur mode de groupement, et l'on a reconnu que ce mode offrait des séparations peu tranchées. Aujourd'hui on sépare leurs familles d'après les caractères de leur structure intime, et

l'on aperçoit également des transitions entre ces familles : il y a passage des tubuleux aux tabulés, des tabulés aux rugueux, des rugueux aux madréporaires bien cloisonnés. Il n'est pas aisé non plus d'établir une démarcation nette entre les formes des polypiers anciens et celles des polypiers récents.

» Malgré leur apparente diversité, la plupart des crinoïdes se laissent ramener à un type commun.

» Les travaux de M. Davidson ont appris que les espèces des brachiopodes passent les unes aux autres. Même il n'est pas toujours facile d'établir des barrières entre les genres de familles différentes. Les lingules, les cranies, les discines, les térébratules, les rhynchonelles révèlent qu'à côté de ses différences la nature des anciens jours présente des traits de ressemblance avec celle d'aujourd'hui.

» Les mollusques des temps primaires ont aussi de nombreux types qui les unissent à ceux de notre époque. La multitude des variations que M. Barrande a eu la patience et le talent de constater dans les céphalopodes primaires, notamment dans les *Orthoceras* et les *Cyrtoceras*, a montré que la forme spécifique a souvent été quelque chose d'éphémère, d'insaisissable. Quoiqu'il ne semble pas difficile de concevoir comment les céphalopodes à calotte dite initiale sont devenus des céphalopodes à nucléus sphérique, il faut avouer que leur passage n'a pas encore été observé ; mais les caractères du siphon, des cloisons, de l'ouverture et de la courbure des coquilles ont offert des transitions.

» Comme les mollusques, les trilobites ont donné une preuve frappante de la simplicité des moyens par lesquels l'Auteur de la nature a produit les apparences les plus diverses. Les découvertes d'individus de tout âge ont montré que leurs métamorphoses individuelles surpassaient leurs différences spécifiques.

» Si bizarres que soient les mérostomes anciens, les genres *Belinurus* et *Prestwichia* les ont rattachés aux limules des temps actuels. Les Ostracodes, les insectes des jours primaires ont eu aussi des liens avec ceux de notre époque.

» Plusieurs des poissons anciens ont des caractères qui tendent à les faire considérer comme représentant l'état jeune de la classe des poissons.

» Quelques-uns des reptiles primaires, tels que l'*Archegosaurus* et l'*Actinodon*, qui ont des vertèbres incomplètement ossifiées et des os des membres avec des extrémités restées cartilagineuses, sont également difficiles à comprendre, s'ils ne représentent pas l'état jeune de la classe des reptiles.

» Ainsi l'étude des animaux primaires semble révéler des enchaînements. A la fin de sa longue vie, ayant eu le temps de beaucoup voir et de beaucoup méditer, le grand géologue, d'Omalius d'Halloy, a écrit : *J'ai peine à croire que l'Etre tout-puissant que je considère comme l'auteur de la nature ait, à diverses reprises, fait périr tous les êtres vivants pour se donner le plaisir d'en créer de nouveaux qui, sur les mêmes plans généraux, présentent des différences successives, tendant à arriver aux formes actuelles.* Ce langage me paraît d'accord avec les faits observés; on ne sait pas comment ont commencé les êtres cambriens, mais on ne peut nier qu'il y ait eu des rapports entre les êtres cambriens et les êtres siluriens, entre ceux-ci et les êtres dévoniens, entre ceux-ci et les êtres carbonifères, entre ceux-ci et les êtres permiens, entre ceux-ci et les êtres triasiques. L'examen des fossiles primaires porte à admettre des passages d'espèces à espèces, de genres à genres, de familles à familles.

» Pour rester dans la vérité tout entière, il faut ajouter que l'état actuel de la science ne permet guère d'aller plus loin; il ne laisse point percer le mystère qui enveloppe le développement originaire des grandes classes du monde animal. Nul homme ne sait comment ont été formés les premiers individus de foraminifères, de polypes, d'étoiles de mer, de crinoïdes, d'oursins, de blastoïdes, de cystidés, de brachiopodes, de lamellibranches, de gastropodes, de céphalopodes, d'ostracodes, de trilobites, de décapodes, d'arachnides, de myriapodes, d'insectes, de poissons, de reptiles, etc. Les fossiles primaires ne nous ont pas fourni de preuves matérielles du passage des animaux d'une classe à ceux d'une autre classe. Dans le cambrien inférieur de Saint-David on voit déjà des cœlentérés, des échinodermes, des mollusques, des crustacés. Le silurien renferme des oursins, des crinoïdes, des stellérides qui ne semblent pas se lier beaucoup plus intimement que ceux de l'époque actuelle. Lorsque j'ai commencé à étudier les reptiles du permien qui, à certains égards, présentent des caractères d'infériorité, je m'attendais à leur trouver des rapports avec les poissons; mais j'ai constaté tout le contraire, car ces reptiles, par le développement extrême de leurs membres de devant et de derrière, comme par leur ceinture thoracique et pelvienne, se montrent aussi différents que possible des poissons.

» Je me contente de signaler ces faits. Je tâcherai plus tard de dire comment je les comprends, s'il m'est donné d'achever l'étude de l'ensemble des animaux qui se sont succédé sur la terre. Je ferai seulement remarquer que les naturalistes ne croient plus guère à une série linéaire unique

du monde animal commençant à la monade, se continuant tour à tour sous la forme de polype, d'échinoderme, de mollusque, d'annelé, d'articulé, de poisson, de reptile, d'oiseau, de mammifère et finissant à l'homme. Par exemple, quoique les mammifères soient les plus perfectionnés des vertébrés, l'embryogénie ne nous apprend pas qu'ils aient passé par l'état poisson, par l'état saurien, par l'état oiseau. Il est par conséquent naturel de penser que, dans les temps géologiques, il n'y a pas eu un seul enchaînement, mais plusieurs enchaînements : les êtres de classes différentes semblent avoir formé de très bonne heure des branches distinctes dont le développement s'est produit d'une manière indépendante. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Etudes chimiques sur le maïs, à différentes époques de sa végétation;* par M. H. LEPLAY.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

De la présence, de l'accumulation et de la formation des bases de potasse et chaux en combinaison organique, soit avec les acides végétaux, soit avec les tissus dans les différentes parties du maïs, à différentes époques de sa végétation.

« Il résulte des nombres fournis par l'analyse des différentes parties du maïs, aux trois époques de sa végétation, les faits suivants :

» 1° Dès la première époque de la végétation du maïs, c'est-à-dire le 1er juillet, il existe, dans toutes les parties du maïs en végétation, de la potasse et de la chaux en combinaison avec des acides végétaux à l'état soluble dans le jus et à l'état insoluble dans les tissus.

» 2° De la deuxième à la troisième période de végétation du maïs, en ce qui concerne la potasse seule en combinaison organique :

» La potasse en combinaison organique est à peu près en même quantité dans la récolte de maïs, depuis le moment où l'organe mâle commence à sortir, jusqu'à la formation de l'épi et même jusqu'à la maturité de la graine; à partir du 1er juillet, le sol ne fournit plus au maïs, pendant les deux mois que dure encore la végétation, de la potasse à l'état de carbonate ou de bicarbonate.

» Si l'on examine comment cette quantité de potasse se trouve distribuée dans les différentes parties du maïs, on remarque que la quantité qui existait à la première époque de végétation a diminué de plus de 39 pour

100 dans la tige de la première à la deuxième époque, et que cette réduction s'est opérée, non pas au profit des feuilles, puisque la quantité de cette base y est restée la même à 1 pour 100 près, mais exclusivement au profit de l'épi en formation, dans lequel la quantité de cette base va constamment en s'accumulant de plus en plus pendant la maturité de la graine.

» Une autre preuve, non moins remarquable, de cette migration de la potasse en combinaison organique des différentes parties du maïs vers l'épi et, en dernier résultat, dans les graines, c'est que la quantité de cette base qui avait diminué dans la tige de 39 pour 100 de la première à la deuxième époque de végétation a augmenté de 25 pour 100 de la deuxième à la troisième époque, et il est facile de voir que cette quantité a été prélevée sur la réserve contenue dans les feuilles. En effet, la quantité de cette base qui était restée stationnaire dans les feuilles de la première à la deuxième époque a diminué de plus de 16 pour 100 de la deuxième à la troisième époque.

» Le besoin des graines pour la potasse en combinaison organique paraît tellement énergique, que, au début de la formation des graines, c'est-à-dire de la première à la deuxième époque, alors que ces graines sont encore laiteuses, la quantité de cette base est cinq fois plus grande dans ces graines à peine formées que dans leur support, tandis qu'à l'époque de la maturité des graines le support en contient une quantité presque égale à celle de la graine, soit dans le rapport de 3 à 4 pour 100. Dans ces conditions, le support a fourni aux graines des quantités de potasse qui étaient nécessaires à leur organisation, et cela presque jusqu'à épuisement; l'accumulation de cette base ne s'est produite dans le support que lorsque les graines en ont été saturées ou n'en avaient plus besoin pour leur organisation.

» Pendant ces différentes époques de la végétation du maïs, cette base est restée à peu près en même quantité, ou cette quantité a été légèrement en diminuant dans les racines, qui n'ont pris aucune part au mouvement de cette base vers les parties aériennes du maïs.

» 3° En ce qui concerne la chaux en combinaison organique :

» La marche de la chaux en combinaison organique dans les différentes parties du maïs est bien différente de celle de la potasse qui vient d'être décrite. Ainsi : 1° tandis que la quantité de potasse n'augmente plus dans toute la récolte de maïs depuis la première époque (1er juillet) jusqu'à la troisième époque (1er septembre), la chaux, au contraire, y augmente d'une quantité égale à 143 pour 100; 2° tandis que la potasse en combinaison orga-

nique va en diminuant dans les tiges de la première à la deuxième époque de 39 pour 100, la chaux y va en s'accumulant et en augmentant de 141 pour 100; 3° la chaux en combinaison organique de la deuxième à la troisième époque, de même que la potasse, a diminué dans les feuilles, mais a diminué en plus grande quantité dans les tiges, pour s'accumuler dans l'épi et surtout dans les graines, dans lesquelles elle a augmenté depuis la formation de la graine jusqu'à sa maturité, dans la proportion de 188 pour 100.

» Les feuilles et les tiges ont donc été une réserve dans laquelle la chaux en combinaison organique s'est emmagasinée, depuis le commencement de la végétation du maïs jusqu'à la naissance de l'épi, pour fournir aux besoins de la formation de la graine; comme elles avaient été également une réserve pour la potasse dans le même but, mais avec cette différence que cette réserve a dû suffire pour la potasse sans que le sol en vienne augmenter la quantité; tandis qu'au contraire, pour la chaux, le sol a continué d'en fournir, pendant la deuxième et la troisième époque, des quantités relativement très considérables.

» 4° En ce qui concerne la potasse et la chaux en combinaison organique dans les tissus :

» Pendant l'époque de la formation des organes reproducteurs (première et deuxième époque), la potasse en combinaison organique insoluble, dans le jus de la totalité des tiges et des feuilles réunies, va en diminuant dans la proportion de 76 pour 100 de la quantité primitive, tandis que la chaux va en augmentant dans la proportion de 59 pour 100.

» Si l'on examine la part que prend chacun de ces organes à cette réduction et à cette augmentation, on trouve que, dans les tiges, la potasse en combinaison organique insoluble disparaît complètement de l'état insoluble tandis que la chaux y augmente de 41 pour 100. Dans les feuilles, la potasse en combinaison organique insoluble diminue de 72 pour 100, tandis que la chaux y augmente de 62,6 pour 100.

» 5° En ce qui concerne l'état de combinaison organique de la potasse et de la chaux dans les tissus :

» La potasse en combinaison organique dans les tissus du maïs, comme dans les tissus de la betterave, se dissout dans l'eau en conservant le caractère de neutralité, où elle se trouve dans les tissus : elle doit donc y être en combinaison avec des acides végétaux.

» La chaux en combinaison organique dans les tissus du maïs paraît, comme dans les tissus de la betterave, augmenter en raison du développe-

ment organique des tissus et former avec eux une véritable combinaison chimique définie, que les lavages par l'eau et les acides ne peuvent leur enlever sans les désorganiser.

» 6° En ce qui concerne la formation des acides végétaux :

» Les acides végétaux combinés aux bases potasse et chaux, contenus dans les différentes parties du maïs, aux différentes époques de sa végétation, ont pour origine l'acide carbonique du sol absorbé par les radicules à l'état de bicarbonates de ces bases et d'acide carbonique en dissolution dans l'eau.

» Les formules et les équations chimiques par lesquelles la transformation des bicarbonates et de l'acide carbonique du sol peut être représentée sont les mêmes pour le maïs que pour la betterave (voir *Comptes rendus*, 13 novembre 1882). »

VITICULTURE. — *Sur le Phylloxera gallicole.* Note de M. **Henneguy**, délégué de l'Académie. (Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

« Les recherches que j'ai faites cette année sur le Phylloxera gallicole ne m'ont pas donné des résultats bien nouveaux. J'ai trouvé des galles en grande quantité sur beaucoup de vignes américaines, principalement sur des *Riparia*, dans diverses localités de l'Hérault et de la Gironde; sur les cépages indigènes je n'en ai rencontré qu'une seule fois, chez M. de Lafitte, à la Joannenque, près d'Agen. Quatre pieds de Cabernet-Sauvignon, éloignés de toute espèce de vigne américaine, portaient à la fin de juillet de nombreuses galles renfermant des mères pondeuses et des œufs. M. de Lafitte avait déjà observé des galles en cet endroit, il y a quelques années ; elles avaient disparu à la suite de badigeonnages dirigés contre l'œuf d'hiver, badigeonnages qui n'ont pas été renouvelés depuis 1880. Dans les premiers jours du mois d'octobre, les dernières feuilles avaient encore des galles avec des pondeuses et des œufs.

» Si les galles spontanées sont très rares sur les vignes indigènes, il est facile de les y faire apparaître par contagion. J'en ai obtenu ainsi sur plusieurs pieds de chasselas et de muscat, en pots et indemnes, en entremêlant leurs pampres avec ceux de vignes américaines gallifères. Les galles sur les vignes indigènes ne sont pas généralement aussi nombreuses ni aussi bien développées que sur les cépages américains; mais les insectes s'y multiplient aussi longtemps que sur ces derniers et continuent à former des

galles jusqu'à la fin d'octobre, tant que de jeunes feuilles se produisent à l'extrémité des sarments. Sur toutes les vignes que j'avais infectées artificiellement, j'ai trouvé au bout de quelque temps des Phylloxeras sur les racines, ce qui confirme entièrement les expériences faites par M. Max. Cornu pour démontrer l'identité de l'insecte des feuilles avec celui des racines.

» A différentes époques de l'année j'ai ouvert un grand nombre de galles dans le but de vérifier les observations de MM. Shimer, Knyaseff et Champin, sur la présence de nymphes et d'ailés parmi les gallicoles. Malgré toute l'attention que j'ai pu apporter dans mes recherches, je n'ai vu aucune nymphe ni aucun ailé. Je n'ai pas non plus jusqu'à présent trouvé d'individus sexués, issus directement d'insectes aptères, analogues à ceux du Phylloxera du chêne que M. Balbiani a découverts, et qui, comme les sexués provenant de l'insecte ailé, quittent les feuilles pour aller pondre sur la tige. La présence de sexués dans les galles expliquerait facilement le fait signalé par M. Valéry-Mayet, à savoir l'existence presque constante d'œufs d'hiver nombreux sur les vignes qui ont porté des galles pendant l'été. Il semble en effet plus naturel d'admettre que ces œufs proviennent directement de sexués gallicoles, qui les déposent sur la plante même où ils vivent, que de supposer que des essaims d'ailés viennent chaque année s'abattre sur les mêmes ceps de vigne. Si le Phylloxera de la vigne se comporte comme celui du chêne, il y aurait deux sortes d'œufs d'hiver, les uns provenant de la descendance de l'insecte ailé des racines, les autres pondus par des sexués gallicoles. Je ne désespère pas de trouver ces sexués, bien que leur recherche au milieu des nombreux insectes qui sortent des galles présente de grandes difficultés.

» Lorsque les œufs renfermés dans une galle sont éclos, les jeunes insectes, après avoir mué, se répandent sur la feuille; doués d'une grande agilité, les uns courent sur les sarments à la recherche des jeunes feuilles pour y former de nouvelles galles, les autres descendent sur les racines en suivant la souche, les échalas, et en se laissant tomber sur le sol. Mais, si l'on ouvre les grosses galles que portent certains cépages américains, Clinton, Taylor, Yorks'Madeira, Riparia, il n'est pas rare de trouver à côté de la grosse mère pondeuse de une à cinq jeunes mères n'ayant pas encore acquis tout leur développement; ce sont de jeunes individus qui sont restés dans la galle et qui sont destinés à remplacer la pondeuse lorsqu'elle sera morte. La fécondité des mères pondeuses réunies dans une même galle paraît être moindre que celle d'une mère isolée. Le nombre des gaines

ovariques varie, chez les premières, dans le milieu de l'été, de 10 à 16, tandis que chez les mères qui vivent seules dans une galle il y a de 16 à 28 gaines.

» Relativement à la diminution du nombre de gaines ovariques avec les générations successives, je n'ai pu trouver une loi aussi nette que celle que M. Balbiani a pu établir pour les Phylloxeras radicicoles. Les gaines ovariques diminuent de nombre chez les gallicoles lorsque approche la fin de la belle saison, mais d'une manière moins rapide et plus irrégulière que chez les radicicoles. Ce fait n'a rien d'étonnant, les dernières générations des gallicoles étant toujours éloignées au plus de quelques mois seulement de l'œuf d'hiver éclos au printemps de la même année. Quelques galles, se trouvant sans doute dans certaines conditions que je n'ai pu encore déterminer, renfermaient des mères pondeuses qui n'avaient que 6 à 10 gaines ovariques; c'est dans de telles galles que se trouveront probablement les sexués, s'ils existent.

» L'année dernière, au commencement d'octobre, j'ai pu se faire fixer directement sur des morceaux de racines de Taylor, conservés dans un flacon humide, de jeunes Phylloxeras gallicoles. Les individus ont hiberné et, placés dans une chambre chauffée, ils ont commencé à pondre vers la fin de janvier 1882. Je n'ai pu malheureusement observer le nombre de leurs gaines ovariques : ils sont morts au mois d'avril faute de nourriture; j'espère être plus favorisé l'année prochaine dans les nouvelles expériences que j'entreprends à ce sujet.

» Comme les années précédentes, tout en poursuivant mes observations biologiques, j'ai visité un certain nombre de vignobles phylloxérés traités par les insecticides, et de préférence ceux que j'avais déjà vus.

» Dans les environs de Montpellier, à Launac, M. Marès lutte toujours avec avantage contre le fléau, au moyen du sulfocarbonate de potassium et des arrosages avec du sulfure de potassium; la régénération des vignes continue; cette année la récolte a été encore supérieure à celle de 1881.

» M. Domergue, au mas de Larmet, près Castelnau, possède un vignoble de cépages indigènes qui est en plein rapport; ces vignes sont plantées dans un terrain sablonneux, mais le sable n'y est pas en quantité suffisante pour empêcher le développement du Phylloxera. L'année dernière, au mois de novembre, j'y constatais la présence de l'insecte à peu près partout. M. Domergue s'empressa de traiter les points les plus attaqués par le sulfocarbonate de potassium, et il traitera cette année toute sa propriété.

» Dans l'arrondissement de Béziers, le domaine de M. Jaussan continue

à se maintenir, tandis que toutes les vignes environnantes sont à peu près détruites. Les accidents qui s'étaient produits l'année dernière à la suite de l'emploi du sulfure de carbone dans des terrains saturés d'humidité n'ont pas eu de suites fâcheuses. La plupart des vignes dont la végétation avait été arrêtée sont reparties. Quelques taches situées dans des bas-fonds argileux se sont cependant agrandies. M. Jaussan attribue avec raison cet insuccès à la grande humidité de ces bas-fonds ; la vigne commençait déjà à y dépérir avant l'invasion phylloxérique. Dans ces terrains argileux, le sulfure de carbone peut rester pendant plusieurs mois dans les trous de pal sans se volatiliser; ainsi, lorsqu'on a labouré, au mois de mai, une vigne sulfurée au mois de décembre 1881, on a constaté que des vapeurs de sulfure de carbone se répandaient dans l'air, et les feuilles de la vigne ont jauni. Il n'est donc pas étonnant que, dans ces endroits, les taches se soient étendues, le sulfure de carbone n'ayant pu produire aucun effet. Il est important de signaler, chez M. Jaussan, une jeune plantation en Aramon et en petit Bouschet, faite en plein terrain phylloxéré, et qui, grâce au traitement insecticide, est aussi belle que si elle était indemne. Les viticulteurs seront-ils encouragés par cet exemple à replanter des cépages français? Il est à craindre que non : ils ne se rendront à l'évidence qu'après avoir essayé successivement tous les cépages américains et éprouvé de grandes déceptions.

» L'état du vignoble de M. Teissonnière, à la Provenquière, est moins satisfaisant que l'année dernière : beaucoup de taches se sont agrandies et de nouveaux points d'attaque ont apparu. La récolte est inférieure en quantité à celle de 1881, et cette diminution ne peut être attribuée qu'au Phylloxera ; mais, hâtons-nous de le dire, elle s'explique facilement. Le vignoble avait été traité au sulfocarbonate de potassium en décembre 1880 et il est resté sans traitement jusqu'en mai 1882, c'est-à-dire pendant dix-sept mois. Durant ce long espace de temps, les colonies souterraines ont dû se multiplier et s'étendre; le traitement de cette année a été fait trop tard pour que la vigne ait pu réparer son système radiculaire. De plus, on ne met, à la Provenquière que 20^{lit} d'eau par souche, ce qui me semble insuffisant, surtout au mois de mai, où, dans l'Hérault, la terre est déjà très sèche. A Lignan, les vignes de M. Culeron et de Mme Théron reçoivent depuis deux et trois ans 40^{lit} d'eau et 90^{gr} de sulfocarbonate par souche; elles présentaient cette année une végétation magnifique et ont donné une belle récolte.

» Dans le Médoc, le Phylloxera a fait son apparition depuis longtemps

déjà; mais l'invasion du fléau y est bien moins rapide que dans le Midi, et la lutte contre lui y est mieux dirigée. Si la récolte a été mauvaise cette année, comme quantité et comme qualité, c'est surtout aux conditions climatologiques et non au Phylloxera qu'il faut en attribuer la cause. Le mildew, importé par les vignes américaines, a pris un développement considérable, grâce à l'humidité de l'été, et a ravagé les vignobles du Médoc; à la fin de septembre, en beaucoup d'endroits, les sarments étaient complètement dépouillés de feuilles.

» J'ai visité quelques-uns des grands crus du Médoc et j'y ai constaté les heureux résultats donnés par les insecticides. Au Château-Langon, les taches phylloxériques, traitées à temps par le sulfure de carbone, ont été bien délimitées et sont en pleine voie de reconstitution; on ne reconnaît plus leur présence qu'en examinant attentivement l'état du bois des années précédentes, qui est beaucoup moins vigoureux que celui de cette année. Au Château-Lafite, il existe depuis longtemps un service régulier de recherches pour le Phylloxera. Le sulfure de carbone, employé d'abord, a donné, même à faibles doses, de mauvais résultats : il y a des pièces où la vigne a été entièrement tuée. Cela tient sans doute à la nature argileuse du terrain en certains points et au peu de profondeur du sol. Depuis cinq ans le sulfure de carbone a été remplacé par le sulfocarbonate de potassium à la dose de 60^{gr} pour 32^{lit} d'eau par pied, et les vignes ont repris une belle végétation; les jeunes plantiers de deux et trois ans donnent les plus grandes espérances.

» Enfin j'ai consacré quelque temps à visiter les nouvelles plantations de vignes indigènes en Camargue, dans des terrains sablonneux et dessalés, que l'on submerge chaque année avec les eaux du Rhône. Les terrains en friche font place chaque jour à des vignobles donnant plus de 100^{hlit} à l'hectare et dont la prospérité ne pourra que s'accroître avec le temps. Il y a là une source de richesse pour une région qui jusqu'ici était à peu près stérile, et l'on ne saurait trop encourager les viticulteurs à créer des vignobles dans tous les points du littoral, qui, comme la Camargue, offrent des terrains favorables à la végétation de la vigne et contraires à la propagation du Phylloxera. »

M. A. Marchais adresse une Note relative à un insecticide contre le Phylloxera.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

M. G. **Cabanellas** adresse une Note sur l'importance des réactions secondaires, dans le fonctionnement des machines dynamo-électriques.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. A. **Chavanon** adresse une Note relative à un nouveau pendule électrique, destiné à supprimer les chocs qui altèrent l'isochronisme des oscillations.

(Commissaires : MM. du Moncel, Bréguet.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre du Commerce** adresse des exemplaires des « Rapports de l'Académie de Médecine sur les vaccinations pratiquées en France, pendant les années 1879 et 1880 ».

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, l'Ouvrage de M. *P. Tacchini* intitulé : « Sull' eclisse totale di Sole del 17 maggio 1882 », etc.; un Volume publié par M. *G. Tissandier*, sous le titre : « Les héros du travail »; un Volume de M. *Hélène*, intitulé : « Les nouvelles routes du Globe », et un Volume de M. *A. Bertillon*, intitulé : « Les races sauvages ».

MÉCANIQUE. — *Sur le pendule.* Note de M. **Lipschitz**. (Extrait d'une Lettre adressée à M. Hermite.)

« Supposons qu'un corps pesant puisse tourner librement autour d'un axe horizontal; soient

M sa masse;
N son moment d'inertie par rapport à cet axe;
g la force accélératrice de la pesanteur;
Z la distance du centre de gravité à l'axe;
θ l'angle de rotation qui s'évanouit quand le corps est en repos.

» Nous considérerons deux sortes de mouvement du corps.

» La première sera caractérisée par la condition que la vitesse angulaire s'annule pour une valeur quelconque θ_0 de θ; la seconde par la condition que la vitesse angulaire s'annule pour la valeur correspondante $\pi - \theta_0$ de θ. En désignant le temps, pour le premier cas, par t, pour le

second, par t', nous avons respectivement les deux équations

$$\frac{1}{2}N\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 = ZMg(\cos\theta - \cos\theta_0),$$
$$\frac{1}{2}N\left(\frac{d\theta}{dt'}\right)^2 = ZMg(\cos\theta + \cos\theta_0),$$

dont l'intégration donne les deux expressions du temps par des intégrales elliptiques,

$$t = \sqrt{\frac{ZMg}{N}}\int\frac{d\theta}{\sqrt{2(\cos\theta - \cos\theta_0)}},$$
$$t' = \sqrt{\frac{N}{ZMg}}\int\frac{d\theta}{\sqrt{2(\cos\theta + \cos\theta_0)}}.$$

» Or, à l'aide des substitutions $\dfrac{\sin\frac{\theta}{2}}{\sin\frac{\theta_0}{2}} = \xi'$ pour une intégrale, et

$$\frac{\sin\frac{\theta}{2}}{\cos\frac{\theta_0}{2}} = \xi'$$

pour l'autre, les expressions se changent dans celles-ci ·

$$t = \sqrt{\frac{N}{ZMg}}\int\frac{d\xi}{\sqrt{(1-\xi^2)\left(1-\sin^2\frac{\theta_0}{2}\xi^2\right)}};$$
$$t' = \sqrt{\frac{N}{ZMg}}\int\frac{d\xi'}{\sqrt{(1-\xi'^2)\left(1-\cos^2\frac{\theta_0}{2}\xi'^2\right)}}.$$

» On voit ainsi que le temps dans les deux manières de mouvement s'exprime par des intégrales elliptiques de première espèce, dont les modules sont complémentaires. Ayant fait cette observation, j'ai trouvé que les intégrales elliptiques de seconde espèce correspondantes représentent une notion capitale de Mécanique, introduite par Hamilton sous le nom de *force vive accumulee :* cela veut dire l'intégrale dont l'élément est égal à la somme de toutes les forces vives du système, multipliée par l'élément du temps.

» Si nous désignons cette intégrale pour le premier cas par ϖ, pour le

second par w', nous aurons

$$w = \int N \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 dt = \sqrt{NZMg} \int \sqrt{2(\cos\theta - \cos\theta_0)}\, d\theta,$$

$$w' = \int N \left(\frac{d\theta}{dt'}\right)^2 dt' = \sqrt{NZMg} \int \sqrt{2(\cos\theta + \cos\theta_0)}\, d\theta.$$

» Ces intégrales sont transformées par les substitutions respectivement mentionnées comme il suit :

$$w = \sqrt{NZMg} \int \frac{\left(2 \sin \frac{\theta_0}{2}\right)^2 \sqrt{1 - \xi^2}}{\sqrt{1 - \sin^2 \frac{\theta_0}{2} \xi^2}} d\xi,$$

$$w' = \sqrt{NZMg} \int \frac{\left(2 \cos \frac{\theta_0}{2}\right)^2 \sqrt{1 - \xi'^2}}{\sqrt{1 - \cos^2 \frac{\theta_0}{2} \xi'^2}} d\xi'.$$

» Afin que le corps fixe passe de l'état de repos, où l'angle θ est nul, l'état de la valeur la plus grande de θ, qui est θ_0 pour le premier cas, $\pi - \theta_0$ pour le second, la valeur ξ doit passer de la valeur zéro jusqu'à l'unité, et la variable ξ' de la même manière. Or les valeurs de t, t', w, w', y correspondantes sont exprimées par les intégrales prises par rapport à ξ et ξ' de zéro à l'unité. Nommons les valeurs respectives T, T′, W, W′, et désignons les intégrales complètes de première et de seconde espèce, correspondant aux modules complémentaires selon l'usage, comme il suit :

$$\int_0^1 \frac{d\xi}{\sqrt{(1 - \xi^2)\left(1 - \sin^2 \frac{\theta_0}{2} \xi'^2\right)}} = K, \quad \int_0^1 \frac{\left(\sin \frac{\theta_0}{2}\right)^2 \xi^2 d\xi}{\sqrt{(1 - \xi^2)\left(1 - \sin^2 \frac{\theta_0}{2} \xi^2\right)}} = T,$$

$$\int_0^1 \frac{d\xi'}{\sqrt{(1 - \xi'^2)\left(1 - \cos^2 \frac{\theta_0}{2} \xi'^2\right)}} = K', \quad \int_0^1 \frac{\left(1 - \cos^2 \frac{\theta_0}{2} \xi'^2\right) d\xi'}{\sqrt{(1 - \xi'^2)\left(1 - \cos^2 \frac{\theta_0}{2} \xi'^2\right)}} = T'.$$

» Partant les quantités T, T′, W, W′ sont représentées ainsi par les intégrales complètes

$$T = \sqrt{\frac{N}{ZMg}} K, \quad W = 4\sqrt{NZMg} \left(\sin^2 \frac{\theta_0}{2} K - T \right),$$

$$T' = \sqrt{\frac{N}{ZMg}} K', \quad W' = 4\sqrt{NZMg} \left(- \sin^2 \frac{\theta_0}{2} K' + T' \right).$$

» Donc on peut appliquer l'équation de Legendre

$$KT' - TK' = \frac{\pi}{2},$$

et en tirer le théorème de Mécanique

$$TW' + WT' = 2\pi N.$$

» Il me semble bien remarquable que cette expression, formée des quatre quantités T, T', W, W', qui désignent le temps requis à une oscillation et demie, et la force vive accumulée respective à cette durée, pour les deux manières de mouvement du même corps, ait une valeur qui dépende uniquement du moment d'inertie du corps. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Formule pour déterminer combien il y a de nombres premiers n'excédant pas un nombre donné;* par M. E. DE JONQUIÈRES.

« Tant qu'on se propose seulement de savoir plus ou moins approximativement combien il y a de nombres premiers qui n'excèdent pas un nombre donné x, on peut se contenter et il est commode de calculer l'intégrale définie

$$\int_2^x \frac{dx}{\log x},$$

qui a avec le nombre P un lieu asymptotique [encore un peu mystérieux malgré les célèbres recherches de M. Tchebicheff [1]], je veux dire dont la valeur diffère d'autant moins de ce nombre que x est plus grand.

» Mais, si l'on a besoin de connaître le nombre P avec exactitude, on doit, dans l'état présent de la science arithmétique, se résigner à de très laborieux calculs.

» La formule ci-après, à laquelle je suis parvenu, me paraît marquer un pas en avant vers la solution complète de ces problèmes ardus, en ce qu'elle permet, dans les mêmes conditions, de déterminer P avec précision et d'une façon plus expéditive que par les méthodes employées jusqu'à ce jour. Je la crois nouvelle; du moins, les récents et très intéressants Mémoires de M. Glaisher [2], dans lesquels ce savant paraît avoir réuni, ou

---

[1] *Journal de Liouville*, t. XVII, année 1852, p. 341 et suiv.
[2] *Proceedings of the Cambridge philosophical Society*, 1876 à 1880.

cité, tout ce qui est actuellement connu sur ce point spécial de la science des nombres, n'en contiennent-ils aucun indice.

Notations. — 1, 2, 3, ..., a, b, ..., p, nombres premiers consécutifs, dont z exprime le nombre, et dont le plus élevé p se rapproche le plus, mais sans l'excéder, de $\sqrt{x}$.

» $\left(\frac{x}{a.b.c\ldots}\right)$, partie *entière* du quotient $\frac{x}{a.b.c\ldots}$ de x par le produit des facteurs a, b, c, ..., pris m à m.

» P, nombre exprimant combien il y a (l'unité comprise) de nombres premiers non supérieurs à x.

» La formule annoncée est la suivante :

$$\text{(A)}\qquad P = z - 1 + x - \sum_{2}^{p}\left(\frac{x}{a}\right) + \sum_{2.3}^{(p-1)p}\left(\frac{x}{ab}\right) - \sum_{2.3.5}^{j.k.p}\left(\frac{x}{a.b.c}\right) + \ldots,$$

ou, plus brièvement,

$$\text{(B)}\qquad P = z - 1 + (-1)^m \sum\left(\frac{x}{2^i.3^{i'}.5^{i''}\ldots a^j.b^k\ldots p^l}\right).$$

Dans la formule (B), les exposants i, i', i'', j, k, l doivent recevoir, alternativement et avec une simultanéité progressive, les valeurs 0 ou 1, de manière à réaliser toutes les combinaisons possibles, mais différentes, des premières puissances des nombres premiers 2, 3, 5, ..., p entre eux, ces nombres étant pris d'abord 0 à 0, puis 1 à 1, 2 à 2, 3 à 3, et ainsi de suite, à l'exclusion toutefois, dans chacune de ces catégories de groupement, de tous les produits qui excèdent x. Quant à l'exposant m, il sera toujours pris égal au nombre des facteurs premiers qui, dans le dénominateur du troisième terme de la formule (B), auront été affectés de l'exposant 1, tandis que ceux qui ont l'exposant 0 n'entreront pas alors en ligne de compte.

» Cette formule est une conséquence simple, directe et rigoureuse, comme il est aisé de s'en assurer :

» 1° De la règle dite *crible d'Eratosthène,* servant à exclure successivement les nombres *composés,* de la série continue des nombres qui n'excèdent pas x;

» 2° De la propriété du *binôme,* consistant en ce que la somme des coefficients de rang pair est égale à celle des coefficients de rang impair, y compris les termes extrêmes.

» Comme conséquence de cette dernière propriété, les radiations doubles,

triples, ..., n^{tuples}, qui se présentent fatalement dans le criblage d'Eratosthène, se trouvent écartées par la formule du résultat final, d'elles-mêmes, *a priori* et avec précision, de manière à n'y laisser subsister *qu'une seule fois,* comme cela doit être, chacun des nombres composés qu'il s'agit d'exclure, et qu'elle exclut sans qu'on ait d'ailleurs besoin ni de les connaître, ni d'en faire effectivement le criblage.

» Par exemple, pour $x = 1000$, on a

$$\sqrt{1000} = 31, \quad \ldots, \quad p = 31, \quad z = 12,$$

d'où

$$P = 12 - 1 + 1000 - 1560 + 974 - 279 + 23 = 169.$$

» Les calculs seront abrégés, si l'on néglige les nombres pairs. Il faut alors mettre dans la formule $x' = \frac{x}{2}$ au lieu de x, si x est pair, ou $x' = \frac{x+1}{2}$ s'il est impair, p étant conservé égal à $(\sqrt{x})$, comme ci-dessus. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur un mode de transformation des figures dans l'espace.* Deuxième Note de MM. VANECEK, présentée par M. de la Gournerie.

» 9. Supposons que le point a soit un point multiple d'ordre l_1 sur la surface L. Ce point n'est pas un point fondamental.

» Son plan polaire A est un plan multiple d'ordre l_1 et coupe la courbe M en m points dont les plans polaires coupent A en m droites M. Chacune de ces droites perce la surface P en p points. Les plans polaires de ces points coupent les droites M aux points cherchés. Nous voyons que :

» *Un point multiple a d'ordre l_1 d'une surface* L *se transforme en mp points multiples d'ordre l_1 de la surface dérivée, qui sont situés p à p sur m droites dans le plan polaire du point a.*

» Le même cas se présente pour un point multiple d'ordre p_1 sur la surface P. Nous trouvons lp points multiples d'ordre m_1 situés p à p sur m droites d'un plan.

» 10. Le point a est un point fondamental multiple d'ordre l_1 sur la surface L.

» Son plan polaire A passe par ce point et de même les droites M. Tous les points dérivés coïncident au point a. De là il suit :

» *Un point fondamental a de la surface* L, *étant un point multiple d'ordre l_1*

de cette surface, se transforme en le même point a qui est un nœud d'ordre l_1 et dans lequel se touchent mp manteaux de la surface dérivée R, *c'est-à-dire qu'il est un point multiple d'ordre $l_1 mp$ sur* R.

» Le point a faisant une partie de la courbe d'intersection de la surface L avec la surface fondamentale, l'autre partie, la courbe L, est après la transformation une ligne multiple d'ordre $(2l - l_1)mp$ sur la surface R.

» **11.** *Un point simple a commun aux surfaces* L, P *se transforme en lmp points simples qui se trouvent $(l+p)$ à $(l+p)$ sur m droites situées dans le plan polaire du point donné a.*

» **12.** Supposons que les surfaces L, P ont un point a commun qui est un point multiple d'ordre l_1 sur L et d'ordre p_1 sur P.

» Transformons ce point comme appartenant à la surface L par rapport à la surface P, et *vice versâ*; nous parviendrons à ce théorème :

» *Un point a qui est sur L un point multiple d'ordre l_1 et sur P d'ordre p_1 se transforme en mp points multiples d'ordre l_1 et en lm points multiples d'ordre p_1. Tous ces points se trouvent sur m droites du plan polaire du point a. Les points l_1 sont groupés p à p et les points p_1 sont l à l sur ces droites.*

» **13.** Supposons que le point a du cas précédent vienne d'être placé sur la surface fondamentale, toutes les autres conditions étant les mêmes.

» En considérant le point a comme point multiple d'ordre l_1, son plan polaire A est aussi multiple d'ordre l_1 et coupe la courbe M en m points dont les plans polaires passent tous par le point a, et par conséquent de même les droites M situées dans le plan A et étant les droites multiples d'ordres l_1. Chacune de ces droites perce la surface P en $(p - p_1)$ points distincts du point a. Ces points fournissent le même point a, qui est par conséquent un point multiple d'ordre $l_1 m(p - p_1)$ par rapport à la surface P.

» En transformant le point a par rapport à la surface L, nous obtenons le point a comme point multiple d'ordre $mp_1(l - l_1)$ sur la surface R.

» Chaque droite M perce la surface P encore au point a qui est un point multiple d'ordre p_1 sur P. Son plan polaire A contient toutes les droites M. Ces lignes sont alors, par rapport aux surfaces L, P, les droites multiples d'ordre $l_1 p_1$.

» De là résulte que :

» *Le point fondamental a_1, étant un point multiple d'ordre l_1 sur la surface* L *et d'ordre p_1 sur la surface* P, *se transforme en le même point a qui est un point d'ordre*

$$l_1 m(p - p_1) \times mp(l - l_1),$$

et m droites multiples d'ordre $l_1 p_1$ de la surface R, *ces droites étant placées dans le plan polaire du point donné a.*

» 14. Considérons un point m de la courbe M. Son plan polaire M coupe la surface L en une courbe L, la surface P en une courbe P et la surface fondamentale F en une conique F.

» Le plan polaire L d'un point l de la courbe L passe par le point m et coupe le plan M en une droite L qui est une droite polaire du point l par rapport à la conique F. La droite L coupe la courbe P en p points p dont les plans polaires passent tous par le point m et coupent le plan M en p droites P qui sont les droites polaires des points p par rapport à la conique F. Les droites P coupent la droite L aux points de la surface dérivée.

» Ce qui prouve que les points ainsi déterminés de la surface R sont les points d'une courbe R plane que nous obtenons en transformant la courbe L par rapport à la courbe P comme directrice et par rapport à la conique F comme la courbe fondamentale.

» Nous voyons que la courbe d'intersection du plan M avec la surface dérivée R se décompose en deux parties, dont l'une est une courbe d'ordre $2lp$ qui a les points d'intersection de la courbe L avec la conique fondamentale F pour points multiples d'ordre p et les points d'intersection de la conique F avec la courbe P pour points multiples d'ordre l. Le lieu du plan M est une surface développable, la surface polaire réciproque de la courbe M.

» De là résulte que :

» *Les plans de la surface polaire réciproque de la courbe M coupent la surface dérivée* R *en des courbes qui se décomposent en deux parties, dont l'une est toujours d'ordre* $2lp$.

» Quand la courbe M a un point multiple d'ordre m_1, son plan polaire M coupe la surface R en une ligne dont une partie est une courbe d'ordre $2lp$, qui est une ligne multiple d'ordre m_1 sur la surface R.

» La courbe M coupe la courbe d'intersection de la surface L avec la surface fondamentale F en un point a.

» Ce point a se transforme comme suit : Son plan polaire A touche la surface fondamentale en ce point et coupe la courbe M en $(m-1)$ points distincts du point a. Ces points déterminent la multiplicité du point a sur la courbe d'intersection de la surface L avec la surface fondamentale.

» Le $m^{\text{ième}}$ point a d'intersection du plan A avec la courbe M a pour plan polaire le même plan A qui coupe la surface P en la courbe P du $p^{\text{ième}}$ ordre.

» Considérons un point p de cette ligne. Son plan polaire passe par a et coupe la courbe M aux $(m-1)$ points, qui ne fournissent aucune singularité, et au point a dont le plan polaire est le plan A. Ces deux plans se coupent en une droite D qui passe par conséquent par le point a.

» Joignons ce point au point p par une droite qui coupe la courbe P en p points, dont les plans polaires passent tous par la droite D qui est par conséquent une droite multiple d'ordre p. Enfin faisons tourner la droite ap autour du point a. A chacune de ses positions correspond une autre droite D dont le lieu est le plan A. Cela prouve que ce plan est un plan multiple d'ordre p et qu'il appartient en même temps à la courbe d'intersection de la surface L avec F et au nœud de la surface R au point a.

» Donc :

» *Un point a fondamental commun à la surface* L *et à la courbe M se transforme en le même point multiple d'ordre* $p[2(l-1)+m]$ *et en un plan* A *multiple d'ordre p tangent au point a à la surface fondamentale. La surface* R *est d'ordre* $p(4lm-1)$.

» 28. Si l'on suppose que les surfaces L, P passent par un point fondamental a de la courbe M, on obtiendra le théorème suivant :

» *La surface dérivée des surfaces* L, P *qui passent par un point fondamental a de la courbe M a en ce point un plan multiple d'ordre* $(l+p-1)$. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la transmission d'une pression oblique, de la surface à l'intérieur, dans un solide isotrope et homogène en équilibre.* Note de M. **J. Boussinesq**, présentée par M. de Saint-Venant.

« Les formules (4) et (5) de la Note que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie dans la dernière séance (*Comptes rendus*, p. 1052) [1] permettent de généraliser, pour le cas d'efforts quelconques exercés en un point de la

[1] J'ai dû, pour abréger, supprimer de cette Note quelques indications utiles, qu'on me permettra de résumer ici : 1° les formules (5) concernent le cas où des pressions données, exclusivement tangentielles, s'exercent à la surface; car les valeurs obtenues pour φ et φ_1 y donnent, à la limite $z=0$, $p_x=-\Psi'''_x$, $p_y=-\Psi'''_y$, $p_z=0$; 2° les expressions (5) de u, v, w ne dépendent de Ψ_x et de Ψ_y que par leurs dérivées en x et en y; d'où il résulte qu'elles sont, sous les signes $\int$, algébriques et homogènes du degré -1 en $x-x_1$, $y-y_1$, z, ε, tout comme les expressions (4) de u, v, w, tandis que les expressions (3), de même algébriques et homogènes sous les signes $\int$, sont du degré -2; 3° il suit de là que, lorsque les quantités données relatives à la surface, savoir p_x, p_y, p_z dans un cas et u, v, w dans l'autre, sont nulles en dehors de régions restreintes, la condition de l'évanouissement asymptotique de u, v, w aux grandes distances, qui achève alors de déterminer le problème,

surface d'un solide, une loi que j'ai démontrée, le 7 novembre 1881 (*Comptes rendus*, t. XCIII, p. 703), au sujet de la transmission d'une pression normale isolée, à partir de cette surface, sur les couches de matière intérieures, de plus en plus profondes, qui lui sont parallèles.

» Superposons d'abord les valeurs (4) et (5) des composantes p_x, p_y, p_z de la pression exercée sur les éléments plans parallèles à la surface, afin d'obtenir leurs expressions pour le cas général où la surface est sollicitée par des actions quelconques; et, vu les relations (7), nous aurons presque immédiatement la triple formule

$$(1)\quad (p_x, p_y, p_z) = z\frac{d}{d(x, y, z)}\left(\frac{d^3\Psi_x}{dx\,dz^2} + \frac{d^3\Psi_y}{dy\,dz^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2}\right) - \frac{d}{dz}\left(\frac{d^2\Psi_x}{dz^2}, \frac{d^2\Psi_y}{dz^2}, \frac{d\psi}{dz}\right).$$

Si, en particulier, la force extérieure se réduit à une pression élémentaire, ayant des composantes données $d\mathrm{A}$, $d\mathrm{B}$, $d\mathrm{C}$ et appliquée à un élément de la surface situé à l'origine des coordonnées, les dérivées $\frac{d^2\Psi_x}{dz^2}, \frac{d^2\Psi_y}{dz^2}, \frac{d\psi}{dz}$ vaudront respectivement $\frac{d\mathrm{A}}{2\pi r}, \frac{d\mathrm{B}}{2\pi r}, \frac{d\mathrm{C}}{2\pi r}$, avec $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$. Il viendra donc, en effectuant une différentiation de plus,

$$(p_x, p_y, p_z) = -\frac{z}{2\pi}\frac{d}{d(x, y, z)}\frac{x\,d\mathrm{A} + y\,d\mathrm{B} + z\,d\mathrm{C}}{r^3} + \frac{z}{2\pi}\frac{(d\mathrm{A}, d\mathrm{B}, d\mathrm{C})}{r^3};$$

et, finalement,

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned}(p_x, p_y, p_z) &= -\frac{z}{2\pi}\frac{d}{dr}\left(\frac{x\,d\mathrm{A} + y\,d\mathrm{B} + z\,d\mathrm{C}}{r^3}\right)\frac{dr}{d(x, y, z)}\\ &= \frac{3z}{2\pi r^3}\left(\frac{x}{r}d\mathrm{A} + \frac{y}{r}d\mathrm{B} + \frac{z}{r}d\mathrm{C}\right)\frac{(x, y, z)}{r}.\end{aligned}\right.$$

Comme $\frac{(x, y, z)}{r}$ sont les trois cosinus directeurs du rayon r émané de l'origine, on voit que la pression exercée en (x, y, z) sur un élément plan parallèle à la surface est dirigée précisément dans le sens de ce rayon, et qu'elle a pour valeur $\frac{3z}{2\pi r^3}\left(\frac{x}{r}d\mathrm{A} + \frac{y}{r}d\mathrm{B} + \frac{z}{r}d\mathrm{C}\right)$, où le trinôme entre parenthèses exprime évidemment la projection, sur ce même rayon r, de la force donnée, définie par ses trois composantes $d\mathrm{A}$, $d\mathrm{B}$, $d\mathrm{C}$. On peut donc énoncer la loi suivante :

---

est bien satisfaite; 4° enfin, cet évanouissement est incomparablement plus rapide dans le second cas que dans le premier; ce qui indique que, lorsque u, v, w s'annulent à la surface en dehors des régions limitées, les forces sollicitant la surface se font équilibre à elles seules.

» *Toute action extérieure exercée en un point de la surface d'un solide se transmet à l'intérieur, sur les couches matérielles parallèles à la surface, sous la forme de pressions dirigées exactement à l'opposé de ce point, et qui sont, d'une part, proportionnelles à la composante, suivant leur propre sens, de la force extérieure donnée, d'autre part, en raison inverse du carré de la distance* ι *au même point d'application et en raison directe du rapport de la profondeur* z *de la couche à cette distance* ι.

» Il est aisé de vérifier que la pression extérieure donnée se transmet intégralement d'une couche à la suivante, ou, autrement dit, que les trois composantes totales, $\int (p_x, p_y, p_z) d\sigma$, de l'action supportée par toute la surface σ d'une couche quelconque, ont respectivement les valeurs $d\mathrm{A}$, $d\mathrm{B}$, $d\mathrm{C}$. Substituons, en effet, dans ces intégrales, à p_x, p_y, p_z leurs valeurs (2), et observons que les termes contenant x ou y au premier degré donnent des éléments de signes contraires, qui s'entre-détruisent. Il vient, pour les trois composantes, les produits respectifs de $d\mathrm{A}$, $d\mathrm{B}$, $d\mathrm{C}$ par les trois intégrales $\frac{3z}{2\pi}\int \frac{x^2 d\sigma}{\iota^5}$, $\frac{3z}{2\pi}\int \frac{y^2 d\sigma}{\iota^5}$, $\frac{3z}{2\pi}\int \frac{z^2 d\sigma}{\iota^5}$. Or les deux premières sont évidemment égales entre elles et moitié de leur somme

$$\frac{3z}{2\pi}\int \frac{(x^2+y^2)\,d\sigma}{\iota^5} = \frac{3z}{2\pi}\int \frac{(\iota^2-z^2)\,d\sigma}{\iota^5} = \frac{3z}{2\pi}\int \left(\frac{d\sigma}{\iota^3} - z^2\frac{d\sigma}{\iota^5}\right);$$

et il suffit de vérifier si les deux intégrales $\frac{3z}{4\pi}\int \left(\frac{d\sigma}{\iota^3} - z^2\frac{d\sigma}{\iota^5}\right)$, $\frac{3z^3}{2\pi}\int \frac{d\sigma}{\iota^5}$ ont pour valeur l'unité. C'est ce qu'on fait, sans difficulté, en prenant pour élément de la surface σ une couronne élémentaire

$$2\pi \mathrm{R}\, d\mathrm{R} = 2\pi \iota\, d\iota,$$

où le rayon intérieur R égale $\sqrt{\iota^2 - z^2}$, puis en intégrant de $\iota = z$ à $\iota = \infty$; ce qui revient bien à faire varier R de zéro à l'infini.

» Parmi d'autres conséquences intéressantes qu'on peut tirer des formules (5) de ma dernière Note, je me contenterai de signaler la suivante. Supposons qu'on n'ait appliqué à la surface qu'une action tangentielle élémentaire $d\mathrm{T}$ s'exerçant suivant l'axe des x sur un élément $d\sigma$ situé à l'origine, cas où l'on a

$$\Psi_x = \frac{d\mathrm{T}}{2\pi}[-\iota + z\log(z+\iota)], \quad \Psi_y = 0, \quad \iota = \sqrt{x^2+y^2+z^2},$$

$$\varphi = \frac{d\Psi_x}{dx} = -\frac{d\mathrm{T}}{2\pi}\frac{x}{z+\iota};$$

et proposons-nous d'étudier la forme prise par la surface du corps, alors qu'elle a acquis de petites ordonnées w. L'expression (5) de w, spécifiée pour $z = 0$, étant $\frac{1}{2(\lambda+\mu)}\frac{d\varphi}{dz}$, la surface libre déformée aura sensiblement pour équation

$$w \text{ ou } z = \frac{dT}{4\pi(\lambda+\mu)}\frac{x}{r^2} = \frac{dT}{4\pi(\lambda+\mu)}\frac{x}{x^2+y^2}.$$

On voit que chaque circonférence, de rayon r, décrite sur la surface autour du point d'application de la force dT comme centre, reste tout entière, après les déformations, dans un même plan, qui a seulement tourné, autour du diamètre perpendiculaire à la force, de l'angle $\frac{z}{x} = \frac{dT}{4\pi(\lambda+\mu)r^2}$. Les lignes de niveau, $z =$ const., de la surface déformée sont, en projection sur leur plan primitif, des cercles menés par l'origine et ayant leurs centres sur la ligne d'application de la force; d'où il suit que les lignes de plus grande pente sont des cercles analogues, mais ayant leurs centres sur l'axe perpendiculaire des y. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *De l'effet de l'huile pour calmer l'agitation de la mer.* Note de M. l'amiral **Bourgois**.

« L'influence exercée par l'huile répandue à la surface de la mer pour en calmer l'agitation semble occuper aujourd'hui l'attention. Le principe n'en est guère contestable; mais les résultats pratiques qui peuvent en découler sont l'objet de doutes sérieux que les faits récemment annoncés ne dissipent pas complètement. Les témoins de ces faits omettent généralement de préciser la nature de l'agitation que l'huile aurait calmée. Il y a cependant une distinction à établir entre les deux phénomènes dont la superposition constitue la vague ou la lame.

» Le premier et le plus important, parce qu'il agite les eaux à une grande profondeur, est le mouvement orbitaire des molécules liquides d'où résulte la succession des ondes qui frappe nos yeux; mouvement produit par l'effort prolongé du vent et qui souvent se propage à de très grandes distances des parages où le vent a soufflé et se continue longtemps après qu'il a cessé.

» Le second de ces phénomènes est le mouvement de translation horizontale des particules de la surface liquide, lorsqu'elles arrivent à la crête des lames, s'y désagrègent sous l'effort du vent et prennent par leur mé-

lange avec l'air la couleur blanchâtre de l'écume. Elles retombent ensuite en avant de la crête sous formes de volutes dont les dimensions sont en rapport avec la force du vent et la grosseur des lames. Le même phénomène s'observe encore, en l'absence du vent, lorsque la houle du large vient se briser sur une plage ; seulement il a une autre cause, le retard de la partie inférieure de l'ondulation dû à son frottement sur le fond.

» Lorsque, le vent ayant cessé, le premier phénomène se produit seul, c'est la *houle* qui soulève les gros navires comme les frêles embarcations en les faisant rouler, mais qui n'est dangereuse que pour les obstacles fixes, comme les digues et les jetées contre lesquelles elle vient se heurter.

» Aucun des faits récemment cités ne paraît prouver une action sensible de l'huile répandue à la surface de la mer sur ces ondulations, et peut-être eût-il été prudent d'attendre que l'expérience ait montré la réalité de cette action avant de chercher à l'expliquer par le calcul.

» Le second phénomène constitue le *brisant*. On l'observe en haute mer dès que la brise commence à souffler. Il devient plus marqué à mesure qu'elle fraîchit. Les embarcations le redoutent au large et aux abords des plages lorsque sa volute menace de les remplir. Les grands bâtiments peuvent en recevoir des chocs dangereux appelés *coups de mer;* surtout s'ils ne sont pas protégés par leur dérive, qui, en labourant la mer, amortit les brisants tout en laissant subsister la houle.

» Il est incontestable que la présence de l'huile ou de toute autre substance visqueuse à la surface de la mer peut empêcher les particules liquides de se désagréger sous l'influence du vent, et, par conséquent, de former le *brisant*. Un fait observé fréquemment par les marins sous les tropiques en fournit une preuve irrécusable. La nuit, la phosphorescence des eaux y révèle souvent la présence de grandes masses de substances organiques, d'animalcules, qui donnent à ces eaux une cohésion plus grande et s'opposent ainsi à la désagrégation des particules de leur surface. Alors le sillage, lumineux pendant la nuit, ne produit plus guère d'écume blanchâtre pendant le jour. Les vagues aussi perdent leurs brisants, et le bâtiment, quelle que soit sa vitesse, glisse sur la mer sans presque laisser de traces de son passage pendant le jour.

» La présence d'une matière huileuse à la surface de la mer a donc un effet certain pour empêcher, non la formation des vagues, mais celle de leurs brisants.

» Dans quelle mesure cette propriété peut-elle être utilisée dans l'intérêt des navigateurs? C'est ce que l'expérience n'a pas encore appris. En tout

cas, pour qu'elle soit fructueuse, il est indispensable que les expérimentateurs observent et fassent clairement connaître la nature de l'agitation calmée, l'onde ou le brisant.

» La première défiera peut-être toujours leurs efforts. La seconde semble moins difficile à maîtriser, et la nature dans le vaste laboratoire des mers tropicales en fournit une preuve convaincante. »

ÉLECTRICITÉ. — *Méthode pour la détermination de l'ohm, fondée sur l'induction par le déplacement d'un aimant.* Note de M. G. LIPPMANN, présentée par M. Jamin.

« On peut imaginer autant de méthodes distinctes pour la détermination de l'ohm qu'il y a de manières différentes de faire naître une force électromotrice d'induction. La méthode suivante est fondée sur l'induction produite dans un circuit par le déplacement d'un aimant; elle est d'une exécution mécanique facile, parce qu'elle n'exige que le déplacement d'un barreau de quelques centimètres de longueur; de plus, elle se prête mieux que les trois méthodes que j'ai précédemment indiquées à être mise en œuvre dans un laboratoire non exempt de perturbations magnétiques.

» Un petit barreau aimanté, de moment magnétique m, tourne avec une vitesse uniforme de n tours par seconde autour d'un axe perpendiculaire à sa ligne des pôles; ce mouvement engendre dans un circuit voisin E une force électromotrice variable dont la valeur maxima est

$$e = 2\pi n m K, \tag{1}$$

K étant une constante de l'appareil.

» D'autre part, les extrémités du circuit induit E peuvent être mises en communication avec les extrémités de la colonne de mercure ou de la résistance r que l'on veut déterminer. On fait passer, à travers la résistance r, un courant d'intensité i, mesuré par la déviation d'une boussole des tangentes T. On a donc

$$i = K'H \operatorname{tang} \alpha, \tag{2}$$

K' étant la constante de la boussole et H étant la résultante horizontale de toutes les actions magnétiques qui s'exercent au point où se trouve l'aiguille de la boussole. Si l'on règle l'intensité i de façon que l'on ait $e = ri$, il s'ensuit que l'on a

$$r = \frac{2\pi n m K}{K'H \operatorname{tang} \alpha}. \tag{3}$$

» On s'assure de l'égalité $e = ri$ en plaçant dans le circuit induit un galvanomètre sensible G, qui devra rester au zéro. L'axe qui porte l'aimant porte aussi un contact mobile qui ferme le circuit induit au moment seulement où e passe par sa valeur maxima.

» Dans le second membre de l'équation (3), tous les termes sont connus : n et α sont donnés par l'observation ; le rapport $\frac{m}{\mathrm{H}}$ s'obtient par une mesure de déviation faite à la manière de Gauss ; K et K' sont trouvés par le calcul.

On sait calculer la constante K' d'une boussole des tangentes. Quant à la constante K, on peut l'obtenir exactement de la même manière : il suffit, en effet, de disposer l'appareil E comme une boussole des tangentes, en donnant à la bobine induite un rayon considérable par rapport à la longueur du barreau placé au centre.

» En exécutant le calcul numérique de ces diverses quantités pour des dimensions données et facilement réalisables de l'appareil, on voit que cette méthode se prête à la construction d'un étalon de 1 à 5 ohms de résistance, avec une erreur relative qui paraît inférieure à un millième. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'induction terrestre des planètes et, en particulier, sur celle de Jupiter.* Note de M. QUET.

Les forces d'induction produites sur les électricités de la Terre en vertu de la rotation des diverses planètes et du Soleil autour de leurs axes sont, toutes choses égales d'ailleurs, en raison inverse des carrés des distances à la Terre et en raison directe des volumes des corps inducteurs, de leurs vitesses angulaires de rotation et de leurs pouvoirs magnétiques.

« Le globe terrestre contient du fer; il en est de même du Soleil, comme le montre l'analyse de sa lumière. Les météorites venues des diverses régions du ciel et tombées sur la Terre en renferment aussi, car, sur les 233 échantillons que possédait le Muséum à la fin de 1869, 70 sont presque uniquement formés de fer et 159 en contiennent des proportions diverses; les quatre échantillons qui n'ont pas de fer métallique ont cependant de l'oxyde et du sulfure de fer magnétiques. Il n'y a donc pas beaucoup de témérité à supposer que les corps solides qui circulent autour du Soleil, en particulier les planètes, ont généralement du fer dans leur composition. Ainsi les corps célestes que je viens d'indiquer auraient chacun un moment et un axe magnétiques, et ils seraient capables d'agir par induction sur les électricités de la Terre. Toutefois, on pourrait craindre

que cette action ne fût insensible en raison de l'énorme distance, si les planètes n'étaient pas douées de pouvoirs magnétiques excessivement grands. C'est pour examiner cette question que j'ai établi la proposition énoncée plus haut; avec son aide j'ai dressé le Tableau suivant, où les pouvoirs magnétiques sont supposés égaux à celui du Soleil et où l'on a adopté les plus courtes distances à la Terre.

Soleil.	Jupiter.	Saturne.	Vénus.	Mars.	Mercure.
1	0,0035	0,0005	0,00025	0,000011	0,00000025

» Ce Tableau montre qu'à égalité de pouvoirs magnétiques ce serait la planète Jupiter qui, après le Soleil, exercerait la plus forte induction sur la Terre : elle devrait ce rang à son grand volume et à sa grande rapidité de rotation; toutefois son action serait très faible par rapport à celle du Soleil, mais il n'en serait plus de même si son pouvoir magnétique était, par exemple, au moins dix fois plus grand que celui de l'astre; on pourrait alors, en effet, démêler, dans les variations des boussoles terrestres, quelques-unes des principales périodes qui se rapportent à la planète. Si l'observation conduisait à des résultats appréciables et justifiait ainsi la généralisation que j'ai proposée, on pourrait ensuite, bien qu'avec moins de chances de succès, chercher à reconnaître dans les mouvements de l'aiguille aimantée les périodes propres à Saturne et à Vénus. La boussole qui permet de mesurer la vitesse avec laquelle l'axe magnétique du Soleil tourne autour de l'axe de rotation, ou la vitesse du corps même de l'astre, si l'axe magnétique n'y a pas un mouvement propre analogue à celui de l'axe magnétique de la Terre, pourrait nous apprendre, dans certaines limites, jusqu'à quel point une planète est riche en fer ou en substances magnétiques et courants électriques équivalents.

» D'après les formules générales que j'ai démontrées dans les *Comptes rendus* du 2 décembre 1878, les composantes rectangulaires X, Y, Z de la force d'induction F exercée sur la Terre par une planète, en vertu de sa rotation, ont les expressions suivantes :

$$X = \frac{\mathrm{KMN}}{2\mathrm{R}^2}[e(\cos u - 3hh') + 2\lambda' h],$$

$$Y = \frac{\mathrm{KMN}}{2\mathrm{R}^2}[f(\cos u - 3hh') + 2\mu' h],$$

$$Z = \frac{\mathrm{KMN}}{2\mathrm{R}^2}[g(\cos u - 3hh') + 2\nu' h].$$

M est le moment magnétique de la planète, N sa vitesse angulaire de rota-

tion, u l'angle que l'axe magnétique fait avec l'axe de rotation, h, h' les cosinus des angles que ces deux axes font avec la direction du rayon vecteur R mené du centre de la Terre au centre de la planète, e, f, g et λ', μ', ν' les cosinus des angles que les mêmes axes font avec les axes des coordonnées. k est une constante qui dépend des unités choisies pour mesurer les quantités.

» Si l'on donne l'indice 1 aux quantités qui sont analogues aux précédentes et se rapportent à l'action inductrice du Soleil sur la Terre, on a

$$X_1 = \frac{KM_1N_1}{2R_1^2}[e_1(\cos u_1 - 3h_1h'_1) + 2\lambda'_1 h_1],$$

$$Y_1 = \frac{KM_1N_1}{2R_1^2}[f_1(\cos u_1 - 3h_1h'_1) + 2\mu'_1 h_1],$$

$$Z_1 = \frac{KM_1N_1}{2R_1^2}[g_1(\cos u_1 - 3h_1h'_1) + 2\nu'_1 h_1].$$

» Si l'on compare la planète au Soleil, en supposant que les rayons vecteurs menés de la Terre ont la même direction, que les deux axes magnétiques sont parallèles et qu'il en soit de même des axes de rotation, dans ces conditions de simplicité, on tire des formules précédentes ces équations

$$\frac{X}{X_1} = \frac{Y}{Y_1} = \frac{Z}{Z_1} = \frac{F}{F_1} = \frac{MNR_1^2}{M_1N_1R^2}.$$

» Si l'on désigne par V et V_1 les volumes de la planète et du Soleil, et par p et p_1 les pouvoirs magnétiques de ses corps, on déduit des équations que l'on vient d'écrire

$$\frac{F}{F_1} = \frac{R_1^2}{R^2}\frac{V}{V_1}\frac{N}{N_1}\frac{p}{p_1}.$$

» Cette formule contient la proposition que j'ai indiquée et qui a servi pour calculer les nombres du Tableau que j'ai donné.

» Si l'on voulait comparer les forces d'induction en considérant les corps tels qu'ils sont au bout d'un temps quelconque t, on aurait

$$\frac{F}{F_1} = \frac{R_1^2 VNp}{R^2 V_1 N_1 p_1}\sqrt{\frac{\cos^2 u - 3h^2h'^2 - 2hh'\cos u + 4h^2}{\cos^2 u_1 - 3h_1^2h_1'^2 - 2h_1h'_1\cos u_1 + 4h_1^2}}.$$

Le rapport des deux forces varie avec le temps, et à travers ces variations on ne se formerait pas facilement une idée suffisamment nette de la puissance relative des deux corps au point de vue de leur induction sur la Terre.

» Cette formule montre que, pour avoir la proposition énoncée, il suffit que l'on ait

$$u = u_1, \quad h = h_1, \quad h' = h'_1.$$

Les conditions indiquées ci-dessus ont aussi pour objet de donner la même direction aux deux forces. »

PHYSIQUE. — *Sur les courants produits par les nitrates en fusion ignée, au contact du charbon porté au rouge.* Deuxième Note de M. **Brard**. (Extrait.)

« Dans une première Note, que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie le 13 novembre dernier, j'ai indiqué le résultat de mes expériences sur les propriétés des nitrates en contact avec les charbons incandescents.

» Pour mettre à profit ces propriétés, j'ai entrepris une première série de recherches destinées à obtenir un *combustible spécial*, qui, brûlant dans un *foyer quelconque*, pût produire directement de la chaleur et de l'électricité. Dans une autre série de recherches, je me suis proposé, au contraire, de réaliser un *foyer spécial* dans lequel ces deux agents physiques pussent être engendrés avec un *combustible quelconque*.

1° *Combustible électrogène*. — La première tentative que j'ai faite dans ce sens a été la fabrication d'un petit instrument que je nomme *bougie électrogène*. Cette bougie était constituée par un aggloméré de poussière de houille, agglutinée à l'aide de mélasse dans un moule où elle était comprimée avec des fils métalliques : ces fils, sortant à l'une des extrémités du petit cylindre de charbon, y formaient le pôle négatif. Cet aggloméré était ensuite enveloppé d'une feuille mince de papier d'amiante, recouverte elle-même de nouveaux fils de cuivre destinés à constituer le pôle positif. Puis, le tout était trempé vivement et à plusieurs reprises dans un bain de nitrate en fusion, jusqu'à ce qu'une couche de 5 à 6 millimètres y adhérât.

» L'appareil ainsi construit affectait l'apparence grossière d'une bougie, dont le charbon constituait la mèche et le nitrate remplaçait la cire. En reliant par un galvanomètre les deux pôles de cette pile, et en portant au rouge le charbon, on constatait une déviation énergique de l'aiguille : la déviation persistait pendant toute la durée de la combustion, avec des oscillations brusques indiquant de grandes variations d'intensité. Une fois allumé, le charbon continuait ordinairement à brûler seul, mais en fusant vivement, et en donnant une flamme d'un grand éclat.

» Cependant, cette bougie brûlait vite; le nitrate pur, qui fondait au

contact du charbon incandescent, l'attaquait trop énergiquement; la périphérie du charbon, avant que le centre fût brûlé, se recouvrait d'une croûte de sel réfractaire qui nuisait à la continuité de l'action chimique; de plus, les fils conducteurs logés dans le nitrate y étaient plus ou moins altérés par la vivacité de la combustion. Toutes ces causes réunies expliquaient la variation d'intensité du courant. Pour faire de cette bougie une source régulière d'électricité et de chaleur, il était nécessaire de les faire disparaître en atténuant l'énergie comburante du nitrate. J'y suis parvenu en mélangeant à ce sel un corps inerte, un carbonate quelconque et particulièrement la cendre ordinaire, que j'introduis dans le bain de nitrate, dans la proportion de 2 parties de cendres pour 1 partie de sel. Dans ces conditions, le charbon brûle régulièrement, il ne s'encroûte plus et ne fuse plus au contact du mélange. Le courant acquiert une constance remarquable.

» Ce résultat acquis, il devenait possible de réaliser un véritable combustible électrogène. La *briquette-pile*, que j'ai construite sur ce principe, est un aggloméré de charbon ordinaire, sur lequel repose une tablette d'un mélange de nitrate et de cendres, dans les proportions que je viens d'indiquer, et que sépare une feuille mince de papier d'amiante. Les pôles de cet élément sont constitués par des tiges métalliques, qui traversent le charbon et le nitrate et sortent à une des extrémités de l'aggloméré. Si l'on introduit une de ces briquettes dans le feu, par le bout opposé à ses pôles, le charbon rougit, le nitrate fond et le courant s'établit, d'abord faible, puis de plus en plus intense, jusqu'à ce qu'il ait atteint un maximum de débit qui se maintient constant tant que l'intensité de la combustion dans le foyer se maintient elle-même constante [1].

» Une de ces briquettes actionne facilement une sonnerie trembleuse; deux briquettes, associées en tension, décomposent l'eau.

» J'espère pouvoir encore améliorer le rendement de cette pile, dont les échantillons, produits jusqu'ici à la main dans le laboratoire, sont encore grossiers. C'est ainsi que j'espère en augmenter la force électromotrice,

---

(1) Une petite briquette de $0^{m},15$ de longueur sur $0^{m},03$ de largeur et d'épaisseur, pesant 220^{gr}, dont 120^{gr} de charbon, 35^{gr} de nitrate de potasse et 65^{gr} de cendres, brûle pendant près de deux heures, donnant pendant tout ce temps de la chaleur et un courant électrique dont la force électromotrice, mesurée à diverses reprises, a varié, avec l'intensité de la combustion, depuis $0^{volt},90$ jusqu'à $1^{volt},20$, et la résistance de $1^{ohm},20$ à $0^{ohm},80$; la résistance de ce même élément a été trouvée à froid de 104500^{ohms}.

en mélangeant aux nitrates des chlorates, dont le pouvoir oxydant est supérieur à celui des nitrates, et en diminuer la résistance en supprimant la cloison d'amiante que la résistance considérable du charbon noir me paraît rendre inutile.

» 2° *Foyer électrogène.* — Les essais que j'ai tentés pour réaliser un foyer produisant directement de la chaleur et de l'électricité avec un combustible quelconque n'ont point encore abouti complètement, à cause des difficultés que j'ai rencontrées pour en isoler les éléments. Toutefois, les résultats que j'ai déjà obtenus suffisent à démontrer que le but que je poursuis de ce côté peut être atteint.

» On peut concevoir, en effet, disposé au-dessus d'un foyer, un réservoir central, contenant le nitrate qui y est maintenu en fusion, et laissant écouler ce liquide d'une manière continue et uniforme sur des grilles inclinées aménagées pour cet usage. Sur ces grilles repose le charbon d'une série de petits foyers isolés, convergeant autour d'un centre commun. La construction de ces foyers est telle, que la combustion n'y est possible que sur un espace restreint, près de la grille qui en ferme l'extrémité inférieure. Il en résulte que la combustion du charbon dans chacun de ces foyers se fait précisément au point où le nitrate liquéfié s'écoule. Des conducteurs ou barres métalliques traversent le charbon dans chaque foyer et s'avancent à la rencontre de la grille à nitrate, dont ils se rapprochent le plus possible sans cependant la toucher.

» Le fonctionnement d'un semblable appareil s'explique aisément : le charbon incandescent et le nitrate liquéfié s'y rencontrent dans les conditions voulues pour donner naissance à un courant continu, chaque petit foyer constituant ainsi un couple dont la grille à nitrate forme le pôle positif et les barreaux traversant le charbon le pôle négatif. Les appareils que j'ai déjà fait construire sur ce principe m'ont démontré qu'il en est réellement ainsi. Mais, malgré toutes les précautions prises, je n'ai pu éviter des pertes de courants considérables par dérivation, ce qui m'a mis jusqu'ici dans l'impossibilité d'obtenir avec ces instruments des courants de tension. »

CHIMIE. — *Sur une méthode de transformation du phosphate tricalcique en composés chlorés du phosphore.* Note de M. **J. Riban**, présentée par M. Berthelot.

« On sait que le phosphate tricalcique est irréductible par le charbon; mais il se réduit au rouge, suivant M. Cary-Montrand, sous l'influence

simultanée du charbon et du chlore, avec formation de phosphore, de trichlorure ou de pentachlorure, suivant les conditions de l'expérience.

» J'ai constaté qu'à des températures peu élevées, bien inférieures au rouge naissant, le chlore et le charbon ne réduisent plus la molécule phosphorique (¹); il en est de même si je substitue au carbone l'oxyde de carbone. Mais j'ai trouvé que, si l'on fait passer à la fois du chlore et de l'oxyde de carbone sur un mélange de charbon et de phosphate tricalcique, celui-ci est intégralement transformé, à basse température, en oxychlorure de phosphore $POCl^3$, avec production de chlorure de calcium et d'acide carbonique.

» L'agent réducteur est l'oxyde de carbone. Le charbon, indispensable, n'intervient pas chimiquement dans la réaction; on le retrouve sensiblement inaltéré après l'opération; il agit sans doute comme corps auxiliaire, en condensant les gaz et déterminant dès lors l'action chimique, comme cela a lieu pour d'autres réactions encore inexpliquées.

$$P^2O^5(CaO)^3 + 6CO + 12Cl = 2POCl^3 + 6CO^2 + 3CaCl^2$$

sera l'équation totale du phénomène; mais il présente en réalité deux phases distinctes, ainsi qu'il résulte de mes analyses : dans la première, le chlore et l'oxyde de carbone sont employés à la transformation du phosphate tricalcique en métaphosphate de chaux et chlorure de calcium, sans production d'acide phosphorique libre

$$P^2O^5(CaO)^3 + 2CO + 4Cl = P^2O^5, CaO + 2CO^2 + 2CaCl^2.$$

» Dans la deuxième période, le mélange gazeux change le métaphosphate en oxychlorure de phosphore, qui distille à partir de ce moment,

$$P^2O^5CaO + 4CO + 8Cl = 2POCl^3 + 4CO^2 + CaCl^2.$$

» J'effectue ces réactions dans un bain d'huile, par conséquent à une température relativement basse et tout à fait inattendue, l'oxychlorure de phosphore se formant déjà, dans mes expériences, quoique lentement, à la température de 180°. On introduit dans un long tube de verre du noir

---

(¹) Avec le chlore et le charbon seuls, on observe une légère action, qui se borne à la formation d'une petite quantité de chlorure de calcium et de métaphosphate de chaux; mais la réduction ne va pas au delà, ce qui tient sans doute à cette circonstance, que, dans les orthophosphates, d'après les recherches de MM. Berthelot et Louguinine, le premier équivalent de base fixé sur l'acide phosphorique dégage plus de chaleur que les deux autres et est combiné à un titre différent.

animal en grains desséché qui représente un mélange bien intime et poreux de phosphate de chaux et de charbon. Le tube est maintenu dans un vase plein d'huile portée à la température de 330° à 340°, à laquelle la transformation s'effectue plus rapidement. Puis on fait passer simultanément du chlore et de l'oxyde de carbone, ce dernier fourni par un gazomètre. On ne recueille presque point de produit liquide à l'origine, les gaz étant d'abord employés, ainsi qu'il est dit plus haut, à la transformation du phosphate en métaphosphate, mais bientôt l'oxychlorure de phosphore distille régulièrement dans un récipient refroidi.

» On obtient ainsi, de premier jet et en quelques heures, un poids d'oxychlorure représentant environ les $\frac{3}{4}$ du poids de phosphate de chaux mis en expérience. Alors la réaction se ralentit, puis s'arrête, parce que la grande quantité de chlorure de calcium formé obstrue les pores du charbon et empêche la pénétration des gaz. Il suffit en effet de lessiver la masse charbonneuse et de la soumettre encore à l'action du mélange gazeux pour arriver à la transformation intégrale du phosphate.

» On peut substituer au noir animal un mélange de phosphate tricalcique quelconque et de charbon ; mais celui-ci, moins intime et moins poreux, ne fournit pas d'aussi bons résultats, du moins dans les expériences sur une petite échelle.

» L'oxychlorure de phosphore obtenu est à peu près pur ; il suffit de le rectifier pour le débarrasser d'un peu de chlore libre et d'oxychlorure de carbone, qu'il tient en dissolution, ces deux produits gazeux disparaissant dès la première application de la chaleur.

» Il était intéressant de changer maintenant l'oxychlorure en trichlorure; j'ai pensé que cette transformation s'effectuerait, sous l'influence du charbon, en vertu de l'équation suivante :

$$POCl^3 + C = PCl^3 + CO.$$

» Il suffit, en effet, de faire passer l'oxychlorure en vapeur sur une longue colonne de charbon de bois portée au rouge, dans un tube en verre de bohême, pour le changer en trichlorure. Il se dégage, soit de l'oxyde de carbone pur, soit ce même gaz mêlé d'un peu d'acide carbonique, suivant la longueur de la colonne de charbon et sa température, ainsi qu'il était aisé de le prévoir.

» Le trichlorure peut être, comme à l'ordinaire, changé en pentachlorure, et tous les corps chlorés qui précèdent, traités par l'eau, fourniront les acides correspondants du phosphore. On réalise ainsi la formation

de tous ces composés du phosphore sans passer par ce métalloïde préalablement isolé.

» Cette nouvelle méthode, action simultanée de l'oxyde de carbone et du chlore à basse température, en présence d'un corps poreux, le charbon, constitue un moyen puissant de réduction et de chloruration, qui me paraît devoir être d'une application assez générale. Je l'ai essayé sur divers corps, et notamment sur l'alumine, qui est réduite, à la température du bain d'huile, avec une grande facilité et changée en chlorure d'aluminium qui se sublime et cristallise dans le courant gazeux.

» Les vases de verre dans lesquels on effectue toutes ces opérations ne sont pas sensiblement attaqués.

» Ces transformations, outre l'intérêt scientifique qu'elles peuvent présenter, seront peut-être de quelque utilité dans l'industrie. Celle-ci trouverait là un moyen facile d'obtenir, à basse température, certains chlorures métalliques et de l'oxychlorure de phosphore, propre à la préparation des chlorures de radicaux organiques. On le produirait directement avec le minerai, le phosphate de chaux. Ces températures exigent peu de combustible et l'on n'a plus à redouter la destruction, si rapide, des appareils par le feu et les réactifs. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouvel hydrocarbure*. Note de M. **E. Louïse**, présentée par M. Friedel.

« La belle méthode de synthèse découverte par MM. Friedel et Crafts m'a permis de réaliser la formation d'un nouvel hydrocarbure, le *benzyle-mésitylène*, en faisant réagir le chlorure de benzyle sur le mésitylène en présence de chlorure d'aluminium anhydre.

» Afin de n'obtenir qu'un dérivé monosubstitué, le mésitylène $C^3H^3(CH^3)^3$ est employé en grand excès. J'ai répété plusieurs fois la préparation avec les proportions suivantes : 120^{gr} de mésitylène pour 20^{gr} de chlorure de benzyle. Le mélange étant porté à 100°, j'ajoute peu à peu du chlorure d'aluminium jusqu'à ce que le dégagement d'acide chlorhydrique ait cessé : 3^{gr} environ de chlorure d'aluminium sont suffisants.

» Au commencement de la réaction le mélange devient violet et se fonce de plus en plus jusqu'à devenir complètement opaque lorsque l'opération est terminée. Le produit épais et noirâtre est ajouté alors par petites portions dans de l'eau ordinaire; il se sépare un liquide jaune transparent qui monte à la surface.

» Cette couche supérieure est soumise à la distillation ; le mésitylène qui n'est pas entré en réaction passe le premier, puis le thermomètre monte très rapidement et la distillation recommence entre 295° et 305° ce qui reste alors dans le ballon est en petite quantité et ne passe à la distillation qu'à une température fort élevée.

» La portion bouillant de 295° à 305° après rectification donne un liquide qui distille entre 300° à 303°.

» Ce composé a présenté d'une façon remarquable le phénomène de la surfusion ; il a pu, en effet, rester à l'état liquide pendant plus de quinze jours, bien qu'à diverses reprises il ait été soumis à un froid de — 25°. Il s'est pris immédiatement en une masse cristalline lorsque j'ai laissé tomber à sa surface des cristaux qui s'étaient produits fortuitement dans un tube à essai.

» Cette masse cristalline blanche, à peine teintée de jaune, est facilement soluble dans la benzine, le pétrole léger, l'alcool, l'éther, l'acide acétique, l'acétone, etc., et se dépose de ces divers dissolvants en petites aiguilles blanches. Ces cristaux ont été soumis à l'analyse ; $0^{gr},340$ ont donné :

CO^2	$1^{gr},137$
H^2O	$0^{gr},271$

d'où l'on tire la composition centésimale :

		La formule $C^6H^2(C^7H^7)(CH^3)^3$ exige.
C	91,1	91,4
H	8,8	8,6

» Le benzyle ($C^6H^5.CH^2$) est donc venu remplacer un atome d'hydrogène dans le mésitylène pour donner le benzyle-mésitylène ou la triméthylebenzyle-benzine.

» Le mésitylène, étant la triméthylbenzine symétrique, ne fournit, dans l'opération qui vient d'être décrite, qu'un seul carbure et non deux ou trois isomères.

» Cet hydrocarbure entre en fusion à 31°.

» Lorqu'on le dissout à chaud dans de l'alcool saturé d'acide picrique à froid, on obtient par refroidissement de petites aiguilles jaune-citron ; ce composé est vraisemblablement l'analogue des combinaisons d'hydrocarbures et d'acide picrique étudiées par M. Berthelot.

» Je me propose de continuer l'étude de cet hydrocarbure et de ses composés ([1]) ».

THÉRAPEUTIQUE. — *Sur une poudre de lin inaltérable, préparée pour la confection des cataplasmes.* Note de M. A. **Lailler**. (Extrait.)

(Renvoi au Concours du Prix Barbier.)

« .... En résumé, les expériences que j'ai faites, à diverses reprises, me conduisent aux conclusions suivantes :

» 1° La poudre de lin dont l'huile est éliminée, dans des conditions telles que cette élimination ne porte pas atteinte aux autres principes constituant de la poudre, conserve toutes les propriétés thérapeutiques de la farine de lin non *déshuilée*.

» 2° A poids égal, la première contient plus de mucilage, d'amidon, de substances albuminoïdes, etc., que la seconde.

» 3° Pour préparer un cataplasme d'une onctuosité et d'une consistance convenables, il faut 25 pour 100 de moins de poudre de lin privée d'huile que de poudre de lin ordinaire.

» 4° Les cataplasmes faits avec la première de ces poudres sont moins lourds et se conservent plus longtemps chauds que ceux qui sont faits avec la seconde;

» 5° Dans la confection des bouillies, l'odeur désagréable de gras qui se développe, lorsqu'on emploie la poudre de lin ordinaire, ne se produit pas lorsqu'on emploie la poudre de lin déshuilée;

» 6° Enfin, et c'est là le point important, la poudre de lin sur laquelle j'appelle l'attention du corps médical et pharmaceutique ne rancit pas.

» Après bien des essais, dont les premiers remontent à l'époque de la guerre franco-allemande, j'ai choisi, comme agent d'élimination de l'huile de la farine de lin, le sulfure de carbone. »

ANATOMIE GÉNÉRALE. — *Sur les ganglions cérébro-spinaux.* Note de M. **Ranvier**.

« Depuis que j'ai communiqué à l'Académie le résultat de mes premières recherches sur les rapports des cellules ganglionnaires avec les tubes ner-

---

([1]) Ce travail, inspiré par M. Friedel, a été fait au laboratoire de la Faculté des Sciences de Lyon.

veux des racines sensitives [1], plusieurs anatomistes [2] ont publié des travaux étendus sur le même sujet.

» Tous, à l'exception de Rawitz, ont confirmé les principaux résultats de mes observations : Schwalbe, qui jadis avait soutenu, avec Kœlliker, que le prolongement des cellules unipolaires des ganglions spinaux n'affectait, avec les tubes nerveux des racines sensitives, que des rapports de contiguïté, s'est rangé aujourd'hui à ma manière de voir.

» Freud est le premier qui ait présenté un historique étendu de la question. Il a rappelé que Remak avait observé, en 1854, des divisions de tubes nerveux dans les ganglions spinaux, et que Leydig avait tiré parti de cette observation pour ramener au même type les cellules unipolaires et les cellules bipolaires.

» Dans ma première Communication, j'avais supposé que plusieurs cellules ganglionnaires pouvaient être branchées sur le prolongement afférent du tube en T; mais ce n'était là qu'une hypothèse, à laquelle j'étais arrivé en constatant que les tubes nerveux qui se dégagent des cellules ganglionnaires ont en général un diamètre inférieur à celui des branches du tube en T.

» Je dois rappeler d'abord la méthode que j'avais suivie pour observer ces faits. Cette méthode, que j'ai imaginée en 1869 et que j'ai utilisée ensuite dans une série de recherches publiées à différentes époques, est aujourd'hui classique. Elle consiste à pratiquer, dans les tissus, des injections interstitielles destinées à fixer les éléments et à en favoriser la séparation. Il est facile, à l'aide de cette méthode, d'isoler des tubes nerveux en T; seulement, pour arriver à coup sûr à observer leurs rapports avec les cellules ganglionnaires, il est une indication que je n'avais point donnée dans ma

---

(1) *Des tubes nerveux en* T *et de leurs relations avec les cellules ganglionnaires* (*Comptes rendus*, 20 décembre 1875).

(2) KEY et RETZIUS, *Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes*, 2e partie, Stockholm; 1876.

FREUD, *Ueber Spinalganglien und Rückenmark des Petromyzon* (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Vienne*, 18 juillet 1868).

STIÉNON, *Recherches sur la structure des ganglions spinaux chez les Vertébrés supérieurs* (*Annales de l'Université libre de Bruxelles*; 1880).

RETZIUS, *Untersuchungen über die Nervenzellen der cerebrospinalen Ganglien und der übrigen peripherischen Kopfganglien* [(*Archiv für Anat. u. Physiol Anat.*), 1880, p. 369].

RAWITZ, *Ueber den Bau der Spinalganglien* (*Archiv f. micr. Anat.*, t. XVIII, 1880).

SCHWALBE, *Lehrbuch der Neurologie*, in *Hoffm nn's Lehrbuch der Anatomie*, t. II, p. 300.

première Note : si Rawitz veut bien la suivre, il reconnaîtra facilement ces rapports. Comme objet d'étude, il faut prendre des animaux jeunes, parce que chez eux le tissu conjonctif des ganglions est moins dense; de tous les mammifères, le lapin est préférable, parce que les faisceaux de tissu conjonctif y sont grêles et peu résistants. Après injection d'acide osmique à 1 ou 2 pour 100 dans les ganglions spinaux ou dans le ganglion de Gasser d'un lapin de deux à trois mois, une dissociation faite avec soin, au moyen des aiguilles, dans le sérum faiblement iodé, fournit presque à coup sûr des tubes en T ayant conservé leurs relations avec les cellules ganglionnaires. La fibre nerveuse qui se dégage de la cellule se recouvre bientôt de myéline, affecte un trajet plus ou moins sinueux et montre, à une distance variable, un premier étranglement annulaire auquel généralement fait suite un second segment interannulaire qui constitue la branche afférente du tube en T. Le premier segment interannulaire, celui qui est en rapport avec la cellule, a un diamètre inférieur à celui du segment qui lui fait suite. C'est ce qui m'avait conduit à l'hypothèse que je rappelais un peu plus haut. En présence des faits, mieux étudiés aujourd'hui, elle doit être complètement abandonnée.

» La méthode des injections interstitielles d'acide osmique ne permet pas de bien apprécier le diamètre des cylindres-axes, parce qu'ils sont masqués par la gaine médullaire fortement colorée en noir; et cependant il importe de déterminer leur épaisseur relative dans la fibre efférente et dans les deux autres branches du tube en T. Pour cela, il faut faire durcir les ganglions spinaux dans le bichromate d'ammoniaque ou le liquide de Müller, y pratiquer des coupes longitudinales passant par les deux racines, colorer par le picrocarmin et monter dans la région Dammar en suivant les indications classiques. On observera alors, dans différentes régions des ganglions spinaux du Chien, par exemple, un grand nombre de tubes nerveux en T. J'en ai compté jusqu'à cinq dans le champ du microscope, avec un grossissement de 150 diamètres. Comme la myéline est complètement incolore et d'une transparence parfaite, et que les cylindres-axes, vivement colorés en rouge, n'ont subi que des déformations légères sous l'influence des réactifs employés, il est possible de voir comment ils se comportent.

» Dans les T qu'ils forment, ils se rencontrent sous des angles variés, et à ce propos je ferai remarquer qu'en employant l'expression de tubes en T je n'ai jamais voulu dire, comme l'ont supposé quelques auteurs, que la branche efférente formait, avec le tube nerveux de la racine sensitive, un angle droit. J'ai voulu seulement donner l'idée d'un branchement analogue

à celui des tubes en verre que l'on emploie dans les recherches physiologiques. Le cylindre-axe de la branche efférente possède en général un diamètre supérieur à celui des deux autres, comme s'il résultait de leur fusion. Et en effet, il est fort probable que les éléments fibrillaires qui composent les cylindres-axes du tube nerveux central et du périphérique, après s'être associés dans la branche efférente, se séparent dans la cellule ganglionnaire pour s'y comporter comme dans les cellules bipolaires des Poissons. La cellule unipolaire des ganglions cérébrospinaux des Mammifères se trouverait donc ramenée au même type que la cellule bipolaire des mêmes ganglions chez les Poissons, comme Leydig l'avait pressenti après les belles recherches de Remak.

» En examinant mes préparations obtenues par dissociation, j'ai été frappé d'un fait : le premier segment interannulaire, celui qui se dégage de la cellule, est beaucoup plus court que le segment qui lui fait suite. Cela m'a conduit à examiner de plus près la disposition des cellules bipolaires des ganglions spinaux et du ganglion auditif des Poissons, et j'ai pu me convaincre ainsi que les tubes nerveux à myéline qui arrivent à une cellule ganglionnaire ne s'y terminent pas par un étranglement annulaire. La cellule nerveuse correspond au centre d'un segment interannulaire. »

ZOOLOGIE. — *Sur les microsporidies ou psorospermies des Articulés.* Note de M. Balbiani.

« Les organismes devenus si célèbres de nos jours comme cause des maladies contagieuses chez l'homme et les animaux domestiques, et désignés, depuis quelques années, sous le nom peu scientifique et assez impropre de *microbes*, appartiennent presque tous à la catégorie des Schizophytes de Cohn ou Schizomycètes de Naegeli. Ces deux éminents botanistes les regardaient, par conséquent, comme des végétaux, opinion qu'ont achevé de mettre en lumière les travaux récents de Zopf, lequel a retrouvé chez des Algues bien caractérisées (*Cladothrix*, *Beggiatoa*, etc.) des états

---

(1) Chez les Mammifères, le nerf auditif n'a pas de membrane de Schwann et ne présente pas d'étranglements annulaires. Chez les Poissons osseux que j'ai examinés, j'ai trouvé aux tubes nerveux de l'auditif une membrane de Schwann et des étranglements. Lorsque les cellules nerveuses annexées à ce nerf sont entourées d'une couche de myéline, elles se trouvent placées sous la membrane de Schwann, et elles occupent manifestement le milieu d'un segment interannulaire.

morphologiquement équivalents aux *Micrococcus, Bacillus, Leptothrix* et autres genres de Schizophytes, et montré les relations génétiques que ces formes présentent entre elles dans une même espèce [1].

» C'est également dans ce groupe de végétaux unicellulaires que Naegeli avait placé les petits corps que l'on rencontre dans les Vers à soie affectés de la maladie connue sous le nom de *pébrine*, qui, à une époque encore peu éloignée, causait de si grands ravages dans toutes les magnaneries de l'Europe. D'autres naturalistes, au contraire (de Filippi, Cornalia, etc.), n'ont voulu voir dans ces corps que des éléments histologiques normaux ou altérés. Leydig, le premier (1863), eut l'idée de les comparer aux psorospermies des poissons et aux pseudonavicelles des Grégarines, mais il fondait cette vue uniquement sur des ressemblances de forme et d'aspect extérieur ; il ne pouvait la baser sur aucune preuve tirée du mode de reproduction, si important à connaître pour la classification systématique des organismes inférieurs, animaux ou végétaux.

» Cette preuve, je l'ai apportée dans plusieurs Communications que j'ai eu l'honneur de faire à l'Académie il y a une quinzaine d'années (*Comptes rendus*, 27 août 1866; 18 mars, 2 avril et 20 mai 1867). J'ai montré que les corpuscules des Vers à soie ne se multipliaient à aucune phase de leur existence par fissiparité transversale, comme le croyaient Naegeli, Frey et Lebert, M. Pasteur, ou par fissiparité longitudinale, comme le voulait M. Béchamp, mais se développaient, à la manière des psorospermies des poissons, par formation libre au sein d'une masse de substance sarcodique, résultant elle-même d'une transformation des corpuscules primitifs. Ces petits éléments ne sont donc autre chose que les spores d'un organisme ayant des affinités avec les êtres pour lesquels Leuckart a créé récemment le terme de *Sporozoaires*, et qui comprennent aujourd'hui quatre catégories d'organismes, savoir : les Grégarinides, les Psorospermies oviformes ou Coccidies, les Psorospermies tubuliformes ou Sarcosporidies [2] et les Psorospermies des poissons ou Myxosporidies. A ces quatre groupes, il faut ajouter un cinquième, celui formé par les organismes qui nous occupent et que l'on peut désigner sous le nom de *Psorospermies des Articulés* ou

---

[1] W. Zopf, *Zur Morphologie der Spaltpflanzen*, 1882.

[2] J'ai proposé ce terme pour les psorospermies tubuliformes, en raison de leur présence exclusive dans la chair musculaire des vertébrés supérieurs (voir mes *Leçons sur les Sporozoaires, faites en* 1882 *au Collège de France*, au *Journal de Micrographie*, t. VI, 1882).

mieux de *Microsporidies*, en raison de la petitesse de leurs spores comparées à celles des autres Sporozoaires. Ayant eu l'occasion de recueillir quelques nouveaux faits sur l'histoire de ces parasites, je demande à l'Académie la permission de les lui communiquer.

» Notre Ver à soie ordinaire n'est pas la seule espèce domestiquée de Séricigène chez laquelle les microsporidies peuvent engendrer par leur développement excessif des épizooties plus ou moins meurtrières. Un des nouveaux Bombycides qu'on élève avec le plus d'avantages comme succédané du Ver à soie du mûrier, le Bombyx du chêne de la Chine (*Attacus Pernyi*), subit aussi fréquemment les atteintes d'une microsporidie qui ne paraît pas appartenir à la même espèce que celle du *Bombyx mori*. Ainsi, au lieu de se répandre, comme cette dernière, dans l'organisme tout entier de la chenille, elle reste confinée dans les cellules épithéliales de l'estomac, mais, en revanche, pas une de celles-ci ne demeure indemne et elles finissent toutes par être littéralement bourrées des spores de cette microsporidie. Leur protoplasma disparaît et, réduites au noyau et à la membrane d'enveloppe, elles cessent de sécréter les liquides nécessaires à la digestion, ce qui amène la mort de la chenille par inanition.

» A l'état jeune, la microsporidie est formée d'une petite masse de plasma homogène; celle-ci grossit, et dans son intérieur apparaissent des noyaux clairs dont chacun s'entoure d'une couche du plasma environnant : ce sont les jeunes spores. Leur substance se condense, elles prennent une forme ovalaire, et le noyau cesse d'être visible. Les spores mûres sont identiques pour la taille et l'aspect à celles qui se développent dans les Vers à soie atteints de pébrine, où elles sont vulgairement désignées sous le nom de *corpuscules*. Elles ressemblent beaucoup aux spores de certains *Bacillus*, le *B. amylobacter* par exemple, et le mode de germination est aussi à peu près le même, c'est-à-dire s'opère par la perforation de la spore à une de ses extrémités et l'issue du plasma intérieur ; mais celui-ci, au lieu de sortir sous la forme d'un bâtonnet, comme chez les *Bacillus*, s'échappe sous celle d'une petite masse amiboïde qui reproduit la phase végétative du parasite.

» L'espace me manque ici pour exposer les résultats des nombreuses expériences que j'ai entreprises sur la transmission des spores à des chenilles saines du Bombyx du chêne ou appartenant à d'autres espèces. Pour ces dernières, les résultats ont été en général négatifs; dans quelques cas rares seulement j'ai pu observer le développement des spores chez un petit nombre d'espèces. Les spores conservent plus longtemps leur vitalité que

celles du Ver à soie; tandis que celles-ci la perdent déjà au bout d'une année (MM. Pasteur et Gernez), j'ai pu déterminer la contagion chez des chenilles saines du Bombyx du chêne avec des spores conservées à sec depuis près de vingt mois.

» J'ajouterai, en terminant, que j'ai trouvé une autre espèce de microsporidie chez un Orthoptère, le *Platycleis grisea*, où elle a également pour siège les cellules épithéliales de l'estomac. »

ZOOLOGIE. — *Les migrations du Puceron des galles rouges de l'ormeau champêtre* (Ulmus campestris, Tetraneura rubra, *Lichtenstein*). Note de M. **Lichtenstein**.

« Les théories nouvelles sur l'évolution biologique des Pucerons, auxquelles m'ont amené mes longues études sur les Aphidiens, quoique vivement combattues à Paris, ont fait leur chemin dans les autres pays et commencent à être généralement admises, ayant été confirmées par des observateurs comme Targioni-Tozzetti à Florence, Kessler à Cassel, Buckton à Haslemere, Horvath à Buda-Pest, Riley à Mounell, aux États-Unis, etc., etc.

» Cependant les faits à l'appui de ces théories sont encore clair-semés; car, s'il est indiscutable que le Phylloxera du chêne, de Boyer de Fonscolombe, passe du *Quercus conifera* au *Quercus pubescens*; si Targioni a pu montrer à ses collègues à Florence le *Phylloxera florentina* passant du *Quercus ilex* au *Quercus sessiliflora*; si Planchon, Signoret, Cornu, Riley et vingt autres ont vu le *Phylloxera vastatrix* passer, des galles des feuilles, aux racines de la vigne, on n'a pas encore beaucoup fait avancer l'histoire des métamorphoses des autres pucerons : chose très bizarre, l'évolution biologique du genre *Phylloxera* et d'une espèce *américaine* de ce genre nous est beaucoup mieux connue que celle des pucerons du peuplier ou de l'ormeau, qui sont cependant par milliards chaque année sur ces arbres vulgaires, narguant depuis Réaumur et Linné, et même bien avant eux, les pauvres entomologistes qui cherchent à les suivre.

» Divers indices révélateurs m'avaient bien fait supposer que plusieurs de ces pucerons devaient avoir, comme le *Phylloxera*, une phase de leur vie où ils devenaient radicicoles; des essais de nourrir sur les racines de graminées les pucerons, provenant des ailés sortant des galles du Térébinthe, nous avaient réussi, à Montpellier, à M. Courchet et à moi-même, et

nous avions obtenu un demi-succès. Bien plus, j'avais trouvé aux mêmes racines la forme pupifère ailée de l'*Aploneura lentisci,* très facile à reconnaître, parce que c'est le Pemphigien ou puceron des galles qui porte ses ailes à plat comme le Phylloxera; mais, pour les pucerons des galles du *peuplier* et de l'*ormeau,* rien n'a été découvert jusqu'à présent.

» Les pucerons qui forment ces galles appartiennent à trois genres différents :

» Les *Pemphigus,* représentés par vingt-cinq espèces environ;

» Les *Schizoneura,* représentés par neuf ou dix espèces;

» Et enfin les *Tetraneura,* dont on ne connaît que deux espèces.

» En m'attachant à suivre ces deux derniers pucerons, qui s'appellent le *Tetraneura ulmi* (des auteurs), formant une galle verte et lisse sur les feuilles de l'ormeau, et le *Tetraneura rubra* (Licht.), qui forme une galle rouge vif, rugueuse et crispée, j'avais plus de chance d'atteindre mon but qu'en m'attaquant à des genres à espèces nombreuses, où il m'eût été fort difficile de rattacher l'espèce souterraine à l'aérienne correspondante. De plus, la voie était déjà un peu déblayée; von Gleichen avait, à la fin du siècle dernier (1770), suivi, pendant huit ans, *journellement,* pendant l'évolution aérienne, des observations sur le *Tetraneura ulmi;* sans rien découvrir en reprenant ces études, après cent ans, j'avais découvert sous les écorces des ormeaux la femelle de cette espèce, avec son œuf enkysté dans son corps. M. le professeur Kessler, de Cassel, faisait un pas de plus et trouvait l'ailé *pupifère* venant apporter sur les ormeaux les sexués, et il pouvait figurer cette forme et celle des mâles et femelles; mais il ne savait pas d'où elle arrivait, et personne ne le sait encore.

» Mais voilà que cette année, puissamment aidé par mon jeune élève et collaborateur, M. Franz Richter, j'ai scruté par milliers les touffes de racines de toutes nos graminées sauvages, et au milieu de nombreux *Pemphigus* et *Schizoneura,* dont l'histoire viendra plus tard, nous trouvons aux racines du *Triticum repens* (le chiendent) une colonie de *Tetraneura,* avec les ailés, aisés à reconnaître à leur unique nervure aux ailes inférieures, quand les autres Pemphigiens en ont deux. Mis soigneusement en tubes, ces ailés nous donnent des sexués : c'est donc la forme *pupifère.* Nous allons examiner les troncs des ormeaux croissant dans le voisinage, et sous les écorces nous trouvons les mêmes ailés, occupés à garnir les arbres des mêmes sexués que nous pondent en tube les pucerons recueillis aux racines du chiendent. Nous comparons ces insectes aux figures que Kessler a données du *Tetraneura ulmi :* les antennes sont différentes et se rapportent au contraire à

celles du *Tetraneura rubra* de la forme *émigrante*, c'est-à-dire celle qui a quitté les galles rouges du 1er au 15 juin.

» Donc plus de doute à avoir, et l'évolution du puceron des galles rouges de l'ormeau n'a plus de lacunes :

» L'œuf fécondé passe l'hiver sous les écorces enkysté dans le corps de la femelle.

» Cet œuf éclôt au printemps, et il en sort la *Pseudogyne fondatrice* qui forme sa galle en *avril* et s'entoure en *mai* d'une nombreuse progéniture de petits pondus vivants.

» Cette progéniture *tout entière* prend des ailes et devient la *Pseudogyne émigrante,* qui s'envole et va se poser sur les graminées, sur le chiendent en particulier. Cette émigration a lieu en juin.

» Là, elle pond des petits vivants, qui passent aux racines où ils vivent comme *Pseudogynes bourgeonnantes,* restent aptères et pondent en juillet-août des petits vivants qui eux doivent acquérir des ailes.

» Effectivement, en septembre-octobre, cette quatrième forme, qui est la *Pseudogyne pupifère,* sort ailée de terre et retourne sur le tronc des ormeaux, où elle dépose les sexués, qui s'accouplent; après quoi, la femelle va se cacher et mourir sous les écorces, en gardant dans son corps l'œuf fécondé *unique*, auquel la peau desséchée de la mère forme une double enveloppe.

» Chaque phase, même les sexués, éprouve quatre mues avant de devenir apte à donner par gemmation la phase suivante, ou à s'accoupler. Pour ce qui est des sexués, cet insecte offre donc 24 formes différentes (16 dans l'état larvaire ou de *Pseudogyne* et 8 dans les *sexués*). Ces formes sont en général aisées à distinguer par le nombre des articles antennaires, qui varient de 4 (les fondateurs) à 5 et 6 même, pour les ailés.

» J'espère pouvoir donner bientôt l'histoire de l'évolution de quelques autres pucerons et mettre ainsi complètement au rang de vérités incontestables, dans les métamorphoses de ces petits êtres, des théories qui, malgré leur vraisemblance, étaient et sont encore hypothétiques pour beaucoup d'espèces. »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Recherches relatives à la digestion chez les Mollusques céphalopodes* (¹). Note de M. **Em. Bourquelot**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« Dans une Note présentée l'année dernière à l'Académie, j'ai exposé les résultats auxquels j'étais parvenu en étudiant la digestion des matières amylacées chez les Céphalopodes. Les recherches auxquelles je me suis livré depuis lors me permettent de compléter ces résultats et d'ajouter de nouvelles observations à ce qui a été fait par Krukenberg, Fredericq et Jousset de Bellesme sur le même sujet.

» I. *Digestion des matières amylacées.* — La diastase que sécrète le foie des Céphalopodes, comme la diastase du malt, saccharifie l'amidon et le glycogène; mais cette saccharification n'est pas, comme on l'a cru longtemps, une transformation de ces matières en glucose : c'est un dédoublement en dextrine et en maltose. Le *maltose* est un sucre analogue au sucre de canne; il a la même formule et, comme lui, il est dédoublé en deux molécules de glucose sous l'influence des acides minéraux étendus bouillants : $C^{24}H^{22}O^{22} + H^2O^2 = 2C^{12}H^{12}O^{12}$. Cl. Bernard a démontré que le sucre de canne n'est pas absorbé directement, mais qu'il ne l'est qu'après avoir été dédoublé par un ferment contenu dans le suc intestinal. Le maltose est-il absorbable directement ou bien doit-il auparavant être dédoublé ?

» Telle est la question qui se pose aujourd'hui, et elle est plus générale que celle relative au saccharose; car, chez tous les animaux dont les sucs digestifs renferment de la diastase, il y a formation de maltose : chez les Carnivores, par l'action de cette diastase sur le glycogène qui se trouve dans la viande, chez les Herbivores par le dédoublement de l'amidon. Si donc le maltose doit être dédoublé par un ferment, il semble qu'on doive le rencontrer chez tous les animaux.

» J'ai préparé du maltose pur et j'ai essayé sur ce corps l'action des sucs digestifs du Poulpe et de la Seiche à tous les états de digestion, l'action du liquide intestinal et celle des parois de l'intestin. Dans aucun cas le maltose ne s'est dédoublé.

» J'ai songé au sang : le sang non plus ne renferme pas de ferment capable de transformer le maltose en glucose.

» Il se peut donc que le maltose soit directement absorbé. Les faits

(¹) Ces recherches ont été faites au laboratoire de Roscoff.

suivants donnent de l'appui à cette hypothèse. La fermentation du saccharose en présence de la levure de bière ressemble beaucoup à la digestion de ce même sucre. Elle se fait, comme on sait, en deux temps : 1° interversion par un ferment soluble ; 2° fermentation alcoolique des glucoses formés. Or, j'ai constaté : 1° que la levure ne sécrète pas de ferment capable de dédoubler le maltose; 2° que si dans une dissolution de ce sucre on met de la levure, la fermentation alcoolique est directe. Si les analogies peuvent être invoquées, le maltose serait absorbable et alibile.

» II. *Digestion du saccharose.* — Je n'ai rencontré ni dans l'intestin ni dans le sang des Céphalopodes de ferments susceptibles d'intervertir ce sucre.

» III. *Rôle des glandes salivaires.* — La salive, chez les Céphalopodes que j'ai examinés (Seiche, Poulpe, Calmar) est acide. Krukenberg et Fredericq ne lui attribuent aucune fonction digestive. Jousset, au contraire, croit pouvoir affirmer qu'elle sert à dissocier les fibrilles des muscles. J'ai répété les expériences de ce physiologiste avec des muscles du Crabe, en observant en même temps l'action de l'eau distillée, et celle d'une eau très peu acidulée par HCl. Au bout de vingt-quatre heures il y avait, dans le premier cas, dissociation; mais elle s'était produite presqu'au même degré dans le deuxième et tout autant dans le troisième. Il est donc douteux que la salive ait véritablement une fonction dissociante. Cependant j'ai constaté qu'en ajoutant de cette salive à du lait, celui-ci se caillait dans l'espace d'une heure à deux heures.

» IV. *Foie.* — Le liquide hépatique est acide. Les trois physiologistes que j'ai nommés ont constaté son action digestive sur la fibrine et l'albumine. En ajoutant à du lait écrémé une quantité suffisante de liquide hépatique ou d'extrait du foie, la caséine finit par se dissoudre. Il y a toujours un peu de coagulation, mais à la fin il ne reste plus que quelques flocons, qui montent à la partie supérieure, et le liquide prend une teinte jaunâtre particulière. C'est là, comme l'a établi Duclaux, la caractéristique du suc pancréatique.

» V. *Mécanisme de la digestion.* — Je ne veux m'occuper que de ce qui est controversé. Comme P. Bert l'a reconnu, les aliments ne pénètrent jamais dans le cœcum spiral. Voici comment on peut s'en assurer : 1° on s'arrange de façon à examiner, sur un Poulpe en digestion, l'estomac et les parties du tube digestif qui en sont voisines. Si l'estomac est plein, les contractions, qui sont fréquentes et très puissantes, refoulent le chyme vers le jabot; jamais il n'en entre dans le cœcum; 2° si, empêchant par la pres-

sion le mouvement du chyme vers le jabot, on comprime l'estomac avec précaution, les aliments passent dans l'intestin; 3° si dans le tube digestif d'un Poulpe à jeun et à l'instant où l'on vient de le sacrifier, on pousse une injection par l'œsophage, le liquide commence par remplir le jabot et l'estomac, puis il s'en va dans l'intestin, sans pénétrer dans le cœcum. Si l'on pousse l'injection par le cœcum, le liquide entre dans l'estomac, puis remonte vers l'œsophage. Ce n'est que si on lie celui-ci et si l'on pousse de plus en plus que l'injection passe dans l'intestin. Des dispositions anatomiques particulières, qui sont surtout visibles chez le Calmar, où il y a entre le cœcum et l'estomac une véritable valvule, régissent ces différents mouvements.

» En résumé, les aliments arrivent directement dans l'estomac; le jabot du Poulpe me paraît n'être qu'une sorte de trop-plein; là, ils subissent l'action des sucs digestifs, qui viennent du foie et du pancréas, en passant par le cœcum. Les matières protéiques et les hydrates de carbone sont digérés; les graisses émulsionnées et le chyle va directement dans l'intestin sans passer par le cœcum. A la vérité, on trouve à la fin de la digestion dans le cœcum, et quelquefois même dans les canaux hépatiques, une petite colonne brune, qu'on a pu prendre pour des aliments digérés. Mais ce n'est qu'un amas de cellules hépatiques détachées de la glande. Une pareille colonne a déjà été signalée par Plateau, à certains moments de la digestion, dans les canaux excréteurs de la glande abdominale des Araignées. »

GÉOLOGIE COMPARÉE. — *Histoire géologique de la syssidère de Lodran.* Note de M. STAN. MEUNIER.

« Le 1er octobre 1868, il tomba dans l'Inde, à Lodran, près de Mooltan, une météorite dont notre Collection nationale doit un petit échantillon au Musée de Calcutta. Cette pierre, pourvue d'une croûte noire assez épaisse, constitue seule, jusqu'à présent, un type distinct de roche cosmique.

» A première vue, et par suite de l'abondance de ses éléments lithoïdes, on serait disposé à lui attribuer la structure ordinaire des sporadosidères; on y voit briller trois éléments constituants nettement différents les uns des autres : deux substances pierreuses, l'une incolore (bronzite), l'autre d'un bleu vif tout à fait exceptionnel parmi les minéraux météoritiques (péridot); une matière métallique consistant en fer nickelé. A la loupe, on aperçoit, en outre, de très petits grains constitués les uns par la pyrrhotine, les autres par le fer chromé.

» Quelques expériences fort simples conduisent cependant à reconnaître que la partie métallique n'est point, comme dans les sporadosidères, à l'état de granules disséminés. En chauffant au rouge un petit fragment pour le plonger brusquement dans le mercure, on *étonne* les silicates qui tombent en poussière et il reste un très fin réseau métallique, analogue pour la forme et malgré sa ténuité au squelette du fer de Pallas. Lodran est donc une syssidère.

» Cette conclusion est confirmée par l'observation microscopique d'une lame mince; et celle-ci, en vérifiant plusieurs faits annoncés déjà par M. Tschermak (1) m'a fourni quelques résultats qui méritent d'être mentionnés.

» Tout d'abord la structure des grains lithoïdes est fort intéressante. On y observe surtout des inclusions remarquables par leur volume relativement considérable. M. Tschermak a défini celles qu'on rencontre en grand nombre dans la bronzite, et qui, incolores et presque invisibles dans la lumière naturelle, se teignent de nuances très vives entre les deux nicols. J'ai eu l'occasion d'en voir plusieurs et de noter leurs remarquables accidents de coloration. Mais les grains de péridot m'en ont offert de bien plus intéressantes encore par la présence de noyaux solides enfermés dans des cavités sphéroïdales, qu'ils sont loin de remplir. L'une des vacuoles, chargée d'une substance incolore et active, possède cinq nucléoles noirs et opaques, qui, au grossissement de 550 diamètres, sont de formes tout à fait irrégulières. A 780 diamètres, leur aspect n'est pas notablement différent. Leur nature est peut-être indiquée par celle des inclusions noires noyées en plein silicate et que M. Tschermak considère comme du fer chromé. Contrairement à l'opinion du minéralogiste autrichien, ces inclusions, qu'il a dessinées à 120 diamètres, ne sont pas sphéroïdales, mais tout à fait polyédriques. C'est ce qu'on voit très nettement au grossissement de 550; il est cependant impossible, même dans ces conditions, d'y reconnaître aucun cristal.

» Un autre fait à rapprocher des inclusions est celui, fréquent surtout dans le péridot, de fissures de clivage contenant des granulations foncées, d'aspect dendritique, que M. Tschermak regarde encore comme constituées par le fer chromé. Cependant, si, au lieu de s'arrêter à 60 diamètres, comme il l'a fait, on examine ces dendrites à 140 ou même à 550, on s'aperçoit qu'elles sont loin d'être opaques et qu'elles présentent une nuance ocracée fort éloignée de celle de la chromite. A 780 diamètres, il est manifeste que

---

(1) *Sitzungsberichte d. K. Akad. d. Wissench. zu Wien*, t. LXI, 1870.

la matière qui les compose n'a aucune forme cristalline. Il s'agit vraisemblablement d'infiltrations, dans les craquellements du silicate, d'une matière qui n'a aucun rapport avec le fer chromé et dont l'emprisonnement date peut-être de la constitution même de la météorite.

» Cette remarque nous amène vers le côté vraiment géologique de l'étude de Lodran; et c'est sur ce côté, que personne n'a abordé jusqu'ici, que je désire appeler l'attention.

» Or, quand on examine une lame mince de la météorite, il est manifeste que les minéraux silicatés ne sont point des petits cristaux, comme on pourrait le croire à la vue de la fine poussière hyaline produite par la désagrégation de la météorite, mais des fragments irréguliers présentant, seulement d'une manière exceptionnelle, des facettes propres aux mesures goniométriques. Au point de vue lithologique cette observation a pour résultat de faire considérer la roche de Lodran comme un véritable *grès* à ciment métallique.

» Il s'en faut d'ailleurs de beaucoup que les fragments lithoïdes soient le plus souvent anguleux; dans un très grand nombre de points, ils sont au contraire fort arrondis et le métal en suit les contours sans solution de continuité. On peut reconnaître qu'ils proviennent de la démolition d'une roche antérieure où le péridot et le pyroxène étaient intimement associés, car certains grains présentent ces deux minéraux soudés ensemble.

» La structure de la masse de Lodran, tout exceptionnelle qu'elle soit parmi les météorites, n'est cependant pas sans analogues : parmi les roches terrestres, plusieurs, telles que le grès cupro-argentifère de Coro-Coro (Bolivie) et le grès galénifère de Commern (Prusse rhénane), ont avec la météorite une si intime ressemblance de structure qu'il ne paraît pas possible de leur supposer un mode de formation radicalement différent. Évidemment, dans tous ces cas, l'arrivée du ciment métallique a été postérieure à l'accumulation des grains pierreux et il en résulte la première notion certaine d'un vrai *sable météoritique*.

» Si l'on suppose que celui-ci, au lieu d'avoir été cimenté par le fer nickelé, fût resté incohérent, son entrée dans notre atmosphère eût donné lieu à l'une de ces chutes de poussières fréquemment enregistrées à la suite de l'explosion de bolides. Quant à la production du sable, elle peut être rattachée à des froissements de roches, comme il s'en produit dans le laboratoire des volcans, et ne suppose pas nécessairement l'intervention de l'eau liquide.

» Une fois le sable accumulé en certains points, il est devenu le siège de

la concrétion métallique, absolument comme à Coro-Coro et à Commern; seulement il est clair que cette concrétion a dû se faire par des procédés différents dans ces localités si diverses. Dans le gisement originel de la météorite de Lodran, il y a eu certainement réduction de chlorures métalliques pour l'hydrogène. Ce qui le prouve, c'est, outre l'imitation artificielle qu'on en réalise aisément, la structure même du ciment métallique, lequel montre en quelques points, à l'observation microscopique, la superposition de deux alliages d'aspect nettement différent et dont l'un encadre certains grains sableux d'une manière très exacte.

» Comme on voit, il y a donc ici évidemment la trace de phénomènes analogues à ceux qui ont accompagné la formation des autres syssidères concrétionnées. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Réponse à une Note de M.* Ch. Musset, *concernant l'existence simultanée des fleurs et des insectes sur les montagnes du Dauphiné* [1]. Note de M. **Ed. Heckel**, présentée par M. Duchartre. (Extrait.)

« .... Je persiste à admettre que les insectes fécondateurs ne sont, en aucune façon, la cause de la luxuriance du système floral chez quelques espèces alpines. En effet, les insectes y fussent-ils en aussi grand nombre que dans la plaine (ce que n'a pas prouvé M. Musset), il n'y aurait pas de raison pour que les fleurs prissent à ces grandes hauteurs des proportions doubles de celles qu'elles ont partout ailleurs, si une autre cause n'intervenait plus activement. Cette cause, je la trouve dans la radiation solaire, plus intense sur les hauteurs que dans la plaine.

» La Note de M. Musset, malgré ses conclusions, n'infirme en aucune façon les données de ma Note, en ce qui concerne son but. Cette Note n'établit, en effet, qu'un point : c'est qu'il y a des insectes à cette altitude de 2000^{m} et 3000^{m}; mais, comme il y en a davantage dans la plaine, les fleurs devraient y être plus belles et plus voyantes, ce qui n'est pas. M. Musset, ne pouvant étayer par ses observations la théorie de Ch. Darwin, m'a prêté des opinions qui n'ont jamais passé dans mes écrits. C'est ce que cette Note a pour but d'établir [2]. »

---

(1) *Comptes rendus*, 7 août 1882.

(2) M. Musset lui même reconnaît que « le nombre apparent des insectes *nectarophiles* est en rapport physiologique et physique avec l'état calorifique et hygrométrique, calme ou agité de l'atmosphère, et aussi avec l'état pluvieux, orageux, sombre ou lumineux du ciel ». J'ai lieu de supposer que cette année (1876-77) ne fut pas favorable à l'apparition des insectes nectarophiles.

A 4 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 27 novembre 1882.

Ministère du Commerce. Annuaire statistique de la France; 5e année, 1882. Paris, Impr. nationale, 1882; in-8°.

Statistique de la France; nouvelle série; t. IX. *Statistique annuelle,* année 1879. Paris, Impr. nationale, 1882; in-4°. (Deux exemplaires.)

Annales de la Société d'Agriculture, Histoire naturelle et Arts utiles de Lyon; 5e année, t. IV, 1881. Lyon, Pitrat, H. Georg; Paris, J.-B. Baillière, 1882; in-8°.

Traité d'embryologie et d'organogénie comparées; par Fr.-M. Balfour, traduit, avec l'autorisation de l'auteur, par H.-A. Robin; t. Ier. Paris, J.-B. Baillière, 1883; in-8°.

La campagne de Moïse pour la sortie d'Egypte; par E. Lecointre. Paris, au bureau du journal *Cosmos-les-Mondes*, et Gauthier-Villars, 1882; in-8°. (Présenté par M. de Lesseps.)

Mémoire sur le casernement des troupes; par M. Tollet. Paris, Capiomont et V. Renault, 1882; br. in-8°. (Présenté par M. le baron Larrey.)

Annales de la Société d'Agriculture, Sciences, Arts et Commerce du Puy; t. XXII et XXIII. Le Puy, impr. Marchesson, 1877-1882, 2 vol. in-8°.

Un poumon à six lobes; par MM. Testut et Marcondès. Bordeaux, impr. Bellier et Cie, 1882; br. in-8°.

Le muscle omo-hyoïdien et ses anomalies; par M. L. Testut; Paris, G. Masson, 1882; in-8°.

Les anomalies musculaires chez l'homme; par M. L. Testut. 1er fascicule: *Les muscles du tronc.* Bordeaux, impr. G. Gounouilhou, 1882; in-8°.

Des inoculations préventives dans les maladies virulentes; par le Dr E. Masse. Paris, G. Masson, 1883; in-8°.

The nautical Alemanac and astronomical ephemeris for the year 1886, *etc.* London, John Murray, 1882; in-8°.

P. Tacchini. *Sull' eclisse totale di Sole del* 17 *maggio* 1882, *osservato a Sohage in Egitto.* Roma, typogr. Botta, 1882; in-4°.